Нормативные документы

1. Правила устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды (с изм. №1 утв.Госгортехнадзором РФ 13.01.97) ПБ-0375-94
2. Правила изготовления паровых и водогрейных котлов, сосудов, работающих под давлением, трубопроводов пара и горячей воды с применением сварочных технологий, ПБ 03-164-97
3. РД 34 17.310-96. Инструкция по надзору за изготовлением, монтажом и ремонтом объектов котлонадзора
4. РД 10-235-98. Инструкция по надзору за изготовлением, монтажом и ремонтом объектов пара и горячей воды
5. РД 03-29-93. Методические указания по проведению технического освидетельствования паровых и водогрейных котлов, сосудов, работающих под давлением, трубопроводов пара и горячей воды
6. РД 153-34.1-003-01. Сварка, термообработка и контроль трубных систем котлов и трубопроводов при монтаже и ремонте энергетического оборудования (РТМ-10)
7. Правила устройства и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов, ПБ 03-108-96
8. Правила аттестации сварщиков и специалистов сварочного производства, ПБ 03-273-99
9. Технологический регламент проведения аттестации сварщиков и специалистов сварочного производства, ПБ 03-278-99

БИБЛИОТЕЧКА СВАРЩИКА

ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ МАСТЕРСТВО

РУЧНАЯ СВАРКА ПРИ СООРУЖЕНИИ И РЕМОНТЕ ТРУБОПРОВОДОВ ПАРА И ГОРЯЧЕЙ ВОДЫ

Издательство "СОУЭЛО"

УДК 621.774.21:669.14

Юхин Николай Александрович

РУЧНАЯ СВАРКА ПРИ СООРУЖЕНИИ И РЕМОНТЕ ТРУБОПРОВОДОВ ПАРА И ГОРЯЧЕЙ ВОДЫ

Под общей редакцией докт. техн. наук **О.И. Стеклова**

Рецензент **А.А. Шельпяков**
Редактор **А.О. Ключарев**
Художник **В.П. Гасилин**
Компьютерная верстка **А.В. Цылев**
Корректор **А.В. Илюшин**

В иллюстрированном пособии изложены принципы и особенности ручной дуговой сварки трубопроводов пара и горячей воды покрытым электродом, аргонодуговой сварки W-электродом и газовой сварки ацетиленокислородным пламенем. Содержатся сведения о технологии и технике сварки трубопроводов, их ремонте с помощью сварки. Пособие рассчитано на электросварщиков ручной сварки и газосварщиков, занятых сооружением и ремонтом трубопроводов пара и горячей воды

109028, Москва, Яузский бульвар, 13, стр.3
Тел. (495) 956-94-72, 956-94-73 (факс)
www.souelo.ru

Формат 62Х94/16 Объем 3,75 п.л.
Отпечатано в ООО «Машмир»
Тираж 2000 экз. Заказ 977

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Трубопровод - транспортное средство для передачи на расстояние жидких, газообразных или твердых сыпучих продуктов.

Трубопроводы, транспортирующие водяной пар с рабочим давлением более 0,07 МПа (0,7 кгс/см^2) или воду с температурой больше 115 °С, относятся к трубопроводам **пара и горячей воды,** на которые распространяются "Правила устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды" ПБ-03-75-94, утвержденные Госгортехнадзором РФ.

В соответствии с Правилами эти трубопроводы делятся на ч е т ы р е к а т е г о р и и. Категорию определяют по рабочим параметрам среды на входе и относят ко всему трубопроводу независимо от его протяженности.

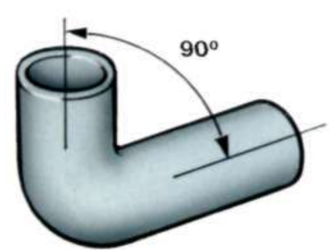
Категория	Группа	Рабочие параметры среды	
		Температура, °С	Избыточное давление, МПа (кгс/см^2)
I	1	Свыше 560	Не ограничено
	2	Свыше 520 до 560 вкл.	Не ограничено
	3	Свыше 450 до 520 вкл.	Не ограничено
	4	До 450	Более 8 (80)
II	1	Свыше 350 до 450 вкл.	До 8 (80)
	2	До 350	Более 4 (40) до 8 (80)
III	1	Свыше 250 до 350 вкл.	До 4 (40)
	2	До 250	Более 1,6 (16) до 4 (40)
IV	-	Свыше 115 до 250 вкл.	Более 0,07 (0,7) до 1,6 (16)

Если значения параметров среды относятся к разным категориям, то трубопровод относят к категории, соответствующей большему из этих параметров.

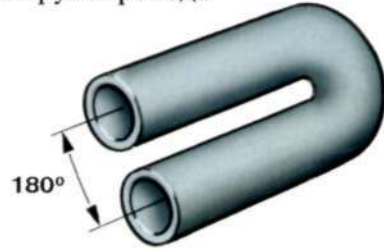
Указанные Правила Госгортехнадзора не распространяются на трубопроводы I категории с наружным диаметром менее 51 мм и трубопроводы II, III и IV-й категорий с наружным диаметром менее 76 мм.

Изготовление, монтаж и ремонт трубопроводов пара и горячей воды и их элементов должны выполнять специализированные предприятия.

Элемент трубопровода - сборочная единица, предназначенная для выполнения одной из основных функций трубопровода



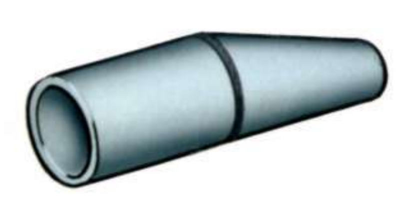
Колено (отвод) для изменениянаправления потока рабочей среды на угол 15 - 180°



Крутоизогнутое колено изготовлено способом гибки радиусом от 1 до 3-х номинальных наружных диаметров трубы

Штампосварное колено изготовлено из труб или листа методом штамповки и сварки

Секторное колено изготовлено из сваренных между собой секторов, выполненных из листа, бесшовных или сварных труб



Переход служит для изменения диаметра трубопровода

Тройник - для устройства ответвления трубопровода при разделении потока транспортируемого продукта

Заглушка - для закрытия свободных концов трубопровода

Фланец - для разъемного соединения арматуры

Компенсатор (линзовый, волнистый или сальниковый) для компенсации изменения длины трубопровода при нагреве или охлаждении

Штуцер - для опорожнения трубопровода; устанавливается в нижней части трубы

Воздушник служит для стравливания воздуха в верхних точках трубопровода

Элемент прямой - деталь в виде прямолинейного отрезка трубы

При приемке труб и деталей от завода-изготовителя **проверяют наличие клейм** на трубах, фланцах, заглушках и т.д., соответствие технической документации требованиям технических условий на изготовление.

Толщина стенки, мм — Марка стали — Стандарт на изделие

Паропровод

П133 6 09Г2С ГОСТ 0000-00

наружный диаметр, мм

МАРКА СТАЛИ 20 НА КЛЕЙМЕ НЕ УКАЗЫВАЕТСЯ

На всех фасонных деталях должны быть нанесены следующие данные:

- товарный знак завода-изготовителя,
- марка стали;
- условное давление с указанием группы стали;
- номер партии

РАСПОЛОЖЕНИЕ КЛЕЙМ

На переходе

На фланце (заглушке)

На отводе

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

Ручная дуговая сварка покрытым электродом (способ MMA) - универсальный технологический процесс; пригоден для сварки всех сталей, применяемых для трубопроводов пара и горячей воды. Процесс легко реализуется сварщиком при различных положениях шва. Термический цикл обеспечивает качественное соединение при сварке электродами малого диаметра. Процесс используют как в заводских условиях, так и на монтаже.

Ручная аргонодуговая сварка неплавящимся электродом (способ TIG/WIG) - применима для сварки сталей всех марок с высоким качеством сварного соединения. Из-за минимального нагрева околошовной зоны эффективна при сварке теплоустойчивых и коррозионностойких сталей.

Ручная газовая сварка ацетиленокислородным пламенем служит для сварки труб из низкоуглеродистых и низколегированных сталей. Стыки труб из теплоустойчивых и высоколегированных сталей сваривать газовой сваркой **запрещено.**

Выбор технологического процесса

Стыки трубопроводов предпочтительнее сваривать **комбинированным способом:** корень шва - **ручной аргонодуговой сваркой,** а оставшуюся разделку - **ручной дуговой сваркой покрытым электродом.**

Если сварное соединение выполняется на подкладном остающемся кольце, то корневой шов и остальные проходы **выполняют ручной дуговой сваркой покрытым электродом.**

Для сварки трубопроводов диаметром до 57 мм с толщиной стенки до 8 мм используют **ручную газовую сварку ацетиленокислородным пламенем**. В отдельных случаях ее применяют для трубопроводов диаметром до 150 мм, на которые не распространяются Правила Госгортехнадзора РФ.

При изготовлении деталей и узлов трубопроводов в условиях цеха эффективно применять **механизированную сварку в защитных газах и автоматическую под слоем флюса.**

Технологический процесс сварки трубопроводов пара и горячей воды должен быть аттестован в соответствии с «Правилами изготовления паровых и водогрейных котлов, сосудов, работающих под давлением, трубопроводов пара и горячей воды с применением сварочных технологий», ПБ 03-164-97.

СХЕМЫ СВАРОЧНЫХ ПОСТОВ

При ручной дуговой сварке покрытым электродом

Автомат
Питающий кабель
Источник питания
60V
ТДМ-301М
Балластный реостат
Прямой провод
Быстроразъемный соединитель
Обратный провод
Заземление

При ручной аргонодуговой сварке неплавящимся w - электродом

Автомат
Сеть
Выпрямитель
Осциллятор
Регулятор
+
−

При ручной газовой сварке ацетиленокислородным пламенем

Редукторы
Предохранительный затвор
Пламегасители

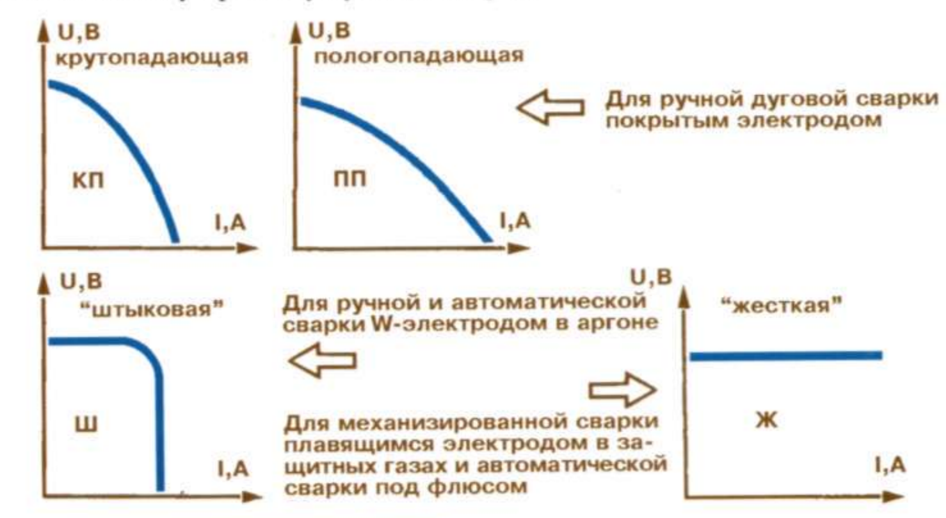
ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ СВАРОЧНОЙ ДУГИ

Источник питания сварочной дуги - электротехническая машина для получения электрического тока, по величине и напряжению необходимого для сварки.

Требования к источникам питания для сварки трубопроводов

- высокие динамические характеристики (время переходного процесса источника питания $t_{пп}$ должно быть не более 0,05 с);
- наличие приборов для контроля режима сварки;
- напряжение холостого хода для трансформаторов не более 80 В, а для источников постоянного тока не более 90 В;
- при аргонодуговой сварке W-электродом целесообразно применять **специализированные источники питания (например, ТИР-315 или ВСВУ-630)**, так как они обеспечивают плавное нарастание тока в момент зажигания дуги, импульсно-дуговой процесс в рабочем диапазоне режимов и плавное снижение тока при заварке кратера;

- желателен инверторный источник питания, не только дающий качественные сварные соединения ответственных стыков трубопроводов, но и позволяющий улучшить организацию работ;
- наличие плавной регулировки режима сварки во всем диапазоне;
- предпочтительно использовать источники питания со стабилизацией режима сварки при колебаниях напряжения питающей сети;
- для электродов марок АНО-6М, МР-3, ОЗС-4, АНО-4, АНО-18, АНО-24 можно применять источники питания переменного тока;
- соответствие вида внешних статических характеристик источника технологическому процессу дуговой сварки:



Для ручной аргонодуговой сварки применяют **специальные установки (УДГУ-1220, УДГ-302** и др.), снабженные автоматическими системами управления сварочными режимами и коммутационной аппаратурой. Установками сваривают на постоянном токе прямой полярности различные стали в непрерывном и импульсном режимах с использованием присадочной проволоки, близкой по химическому составу свариваемому металлу. **В основном это корневые швы труб.**

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ

Марка	Сварочный ток, А		Напряжение холостого хода, В	Масса, кг	Габариты, мм	Вид статической характеристики
	номинальный	пределы регулирования				
ТРАНСФОРМАТОРЫ						
ТД - 102 У2	160	60 - 175	80	38	570 х 325 х 530	КП
ТД - 306 У2	250	180 - 300	80	67	630 х 370 х 585	КП
ТДМ - 317 У2	315	60 - 360	80	130	555 х 585 х 818	КП
ТДМ - 403	400	80 - 420	65	150	620 х 520 х 770	КП
ТДМ - 505	500	40 - 530	75	180	640 х 530 х 830	КП
ТДФЖ - 1002 У3	1000	300 - 1200	100	550	1370 х 760 х 1220	ПП
ТДФЖ - 2002 У3	2000	600 - 2200	100	850	1370 х 760 х 1220	ПП
СВАРОЧНЫЕ АГРЕГАТЫ						
АДБ - 2502 У1	250	45 - 300	100	550	1680 х 870 х 1080	КП
АДБ - 3122 У1	315	15 - 350	100	670	1900 х 900 х 1200	КП
АДД - 3112 У1	315	30 - 350	100	815	1900 х 900 х 1200	КП
АДД - 4001 У1	400	60 - 450	100	855	2050 х 950 х 1300	КП
СВАРОЧНЫЕ ВЫПРЯМИТЕЛИ						
ВД - 306 У3	315	45 - 315	70	164	785 х 780 х 795	КП
ВД - 401 У3	400	50 - 450	80	200	772 х 770 х 785	КП
ВДГ - 303 У3	315	50 - 315	40	220	723 х 593 х 938	Ж
ВДГ - 601 У3	630	100 - 700	90	230	975 х 634 х 760	Ж
ВДУ - 506 У3	500	60-500; 50-500	80	300	820 х 620 х 1100	Ж / КП
ТИР - 315	315	20 - 315	65	320	1230 х 620 х 1000	Ш
ВСВУ - 315	315	8 - 350	100	360	520 х 700 х 1135	КП
ВСВУ - 630	630	10 - 700	100	480	520 х 850 х 1250	КП
ИНВЕРТОРНЫЕ ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ						
«Адонис»-3	160	35 - 160	86	17	155 х 330 х 520	КП / Ш
«Форсаж»-250 Пр	250	70 - 250	100	12	410 х 180 х 290	КП
ДС 200 А.3	200	5 - 200	60	25	500 х 220 х 430	КП
ВДУЧ - 16	160	30 - 160	86	23	270 х 600 х 365	КП
ВДУЧ - 200	200	30 - 200	86	27	280 х 600 х 365	КП
ФЕБ - 200 Н	200	40 - 200	55	23	215 х 350 х 500	КП
ФЕБ - 350 Н	350	40 - 350	60	45	300 х 440 х 690	КП
МНОГОПОСТОВЫЕ ИСТОЧНИКИ						
ВДМ - 6302	630	-	70	280	750 х 700 х 900	Ж
ВДМ - 1201 У3	1250	-	80	380	1100 х 660 х 830	Ж
ВДМ - 1601 У3	1600	-	100	480	1050 х 700 х 910	Ж
ВМГ - 5000 У3	5000	-	80	2790	1500 х 1150 х 1685	Ж
ВДМ - 4 х 3010	4 х 315	-	70	480	770 х 1250 х 860	Ж

ТДМ-505

АДД-40Л

ВД-306 У3

"Форсаж-315"

ВДМ-4х3010

ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Балластный реостат формирует падающую характеристику источника питания и ступенчато регулирует сварочный ток.

Осциллятор предназначен для бесконтактного зажигания дуги и стабилизации ее горения. За счет высокого (до 3-8 кВ) напряжения и высокой (до 300 кГц) частоты переменного тока, подаваемого на электрод и изделие, удается ионизировать дуговой промежуток искровым разрядом без касания электрода об изделие.

Ограничитель напряжения холостого хода источника питания снижает напряжение холостого хода сварочных трансформаторов до 12 В за время не более 1 с после погасания сварочной дуги. Применяется при ручной дуговой сварке на открытом воздухе, в особо опасных помещениях, внутри металлических резервуаров, в траншеях, при неудобной позе или лежа.

Сварочный кабель представляет собой медные проволоки диаметром 0,18-0,2 мм, сплетенные в пряди, а пряди - в гибкий трос, покрытый резиновой изоляцией. Служит для подвода электрического тока к сварочной дуге.

Сечение проводов, мм^2	16	25	35	50	70	95	120
Допустимый сварочный ток, А	100	140	175	225	280	335	400

Электрододержатель предназначен для жесткой фиксации покрытого электрода, подвода к нему сварочного тока, формирования и перемещения сварочной дуги.

Технические характеристики

Тип	Сварочный ток, А			Диаметр электрода, мм		Масса, кг
	ПВ=35%	ПВ=60%	ПВ=100%	минимальный	максимальный	
ЭД-12	160	125	100	1,6	3	0,35
ЭД-20	250	200	160	2,5	4	0,4
ЭД-25	315	250	200	3	5	0,45
ЭД-31	400	315	250	4	6	0,5
ЭД-40	500	400	315	5	8	0,65
ЭД-50	630	500	400	6	10	0,75

Ручная горелка при дуговой сварке в защитных газах служит для закрепления W-электрода в нужном положении, подвода к нему электрического тока, формирования и перемещения дуги, подачи защитного газа в зону сварки и охлаждения токоведущих частей воздухом или водой.

ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Труборазметчик - для разметки конфигурации реза при изготовлении сварных отводов и стыковки труб под углом.

Труборез - для резки труб на мерные заготовки.

Фаскорез и кромкорез - для подготовки кромок стыкуемых поверхностей.

Калибровочное устройство - для устранения в стыкуемых концах труб овальности и деформаций кромок.

Сборочные приспособления - стенды для сборки узлов и элементов трубопровода, а также центраторы - внутренние и наружные.

Манипулятор - для вращения деталей и узлов трубопровода.

Кантователь - для поворота детали вокруг горизонтальной оси и установки в удобное для сварщика положение.

Позиционер - для поворота и фиксации детали в удобном для сварщика положении.

Вращатель - для закрепления детали в заданном положении и вращения ее со скоростью сварки.

Роликовый стенд - для вращения собранных узлов трубопроводов при выполнении кольцевых швов.

Труборазметчик

Труборез

Манипулятор

Вращатель

СТАЛИ ДЛЯ ТРУБОПРОВОДОВ

Сталь - сплав железа с углеродом (не более 2%), а также с другими элементами и примесями.

ОБОЗНАЧЕНИЯ

Углеродистая сталь обыкновенного качества

Пример: Ст3Гпс2. Буквы «**Ст**» означают сталь. Последующая цифра, которая может быть от 0 до 6, - порядковый номер в ГОСТе. Буква «**Г**» означает, что в стали до 1% марганца. Маленькие буквы показывают степень раскисленности стали: «**пс**» - полуспокойная, «**сп**» - спокойная, «**кп**» - кипящая.

Углеродистые качественные конструкционные стали обозначаются двумя цифрами, что указывает на содержание углерода в сотых долях процента. Например, **сталь 25К** означает, что в ней углерода содержится до 0,25%. Буква **К** в конце обозначения характеризует котельные стали.

Литую сталь обозначают буквой «**Л**». **Например, 20Л.**

Типы и марки сталей для трубопроводов пара и горячей воды

Тип	Стандарт	Марка	Свариваемость
Углеродистые обыкновенного качества	ГОСТ 380-88	Ст2сп; Ст3сп; Ст3пс; Ст3Гпс; Ст4сп; Ст4пс	ХОРОШАЯ Без подогрева и термической обработки
Углеродистые качественные конструкционные	ГОСТ 1050-74 ГОСТ 5520-79 ГОСТ 977-75	08; 10; 15; 20; 25; 15К; 16К; 18К; 20К; 22К; 15Л; 20Л; 25Л; 30Л; 35Л	ХОРОШАЯ Без подогрева и термической обработки
Низколегированные конструкционные	ГОСТ 19281-73 ГОСТ 19282-73 ГОСТ 4543-71	10Г2; 15ГС; 16ГС; 17ГС; 17Г1С; 17Г1СУ; 09Г2С; 10Г2С1; 14ХГС; 10Г2С; 20ГСЛ	УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНАЯ Подогрев до 100-150°С Термообработка после сварки
Низколегированные теплоустойчивые	ГОСТ 4543-71 ГОСТ 20072-74	12МХ; 12ХМ; 15ХМ; 10Х2М; 12Х1МФ; 15Х1М1Ф; 12Х2МФСР; 20ХМЛ; 20ХМФЛ; 15Х1М1ФЛ	ОГРАНИЧЕННАЯ Подогрев до 250-300°С Отпуск после сварки
Высоколегированные, коррозионностойкие, жаростойкие и жаропрочные	ГОСТ 5632-72	08Х18Н10Т; 12Х18Н9Т; 12Х18Н10Т; 12Х18Н12Т; 12Х18Н9ТЛ; 08Х16Н9М2; 12Х18Н12М3ТЛ	ХОРОШАЯ Без термической обработки

Теплоустойчивые - стали, работающие при температурах среды до 500 - 580 °С.

Жаростойкие (окалиностойкие) - стали, обладающие сопротивляемостью окислению при высоких (свыше 550°С) температурах.

Жаропрочные - стали, способные противостоять механическим нагрузкам при высоких (свыше 550°С) температурах.

Коррозионностойкие - стали, обладающие сопротивляемостью к образованию трещин и разрушению в коррозионноактивных средах.

Легированная сталь: первые две цифры показывают содержание углерода в сотых долях процента, последующая буква - наличие легирующего элемента, а цифра за ней - среднее его содержание в процентах. **Пример: в стали 08Х18Н10Т** 0,08% углерода, 18% хрома, 10% никеля и до 1% титана.

Буква **А** в конце означает пониженное содержание серы и фосфора. Буква **А** внутри обозначения ставится при наличии азота, **Б**-ниобия, **В**-вольфрама, **Г**-марганца, **Д**-меди, **Е**-селена, **К**-кобальта, **М**-молибдена, **Н**-никеля, **П**-фосфора, **Р**-бора, **С**-кремния, **Т**-титана, **У**-углерода, **Ф**-ванадия, **Х**-хрома, **Ц**-циркония, **Ю**-алюминия. Буква **Л** в конце обозначения указывает, что это литая сталь. Через дефис в конце обозначения могут стоять буквы, указывающие, что сталь улучшена специальными методами переплава: электрошлаковым (**Ш**), вакуумно-дуговым (**ВД**), вакуумно-индукционным (**ВИ**).

СВАРОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Покрытые сварочные электроды

Область применения

Тип стали	Марка стали	Марка электрода
Углеродистая	Ст2сп, Ст2пс, Ст3Гпс, Ст3пс, 08, 10, 20	АНО-4*, АНО-6М*, МР-3*, ОЗС-4*, АНО-18*, АНО-24*, УОНИ-13/45, УОНИ-13/55, ИТС-4С, ТМУ-21У, ЦУ-5, ЦУ-6, ЦУ-7, ЦУ-8, ТМУ-46, ТМУ-50, ВСЦ-4А**
	Ст4пс, 15Л, 20Л, 25Л	УОНИ-13/45, УОНИ-13/55, ИТС-4С, ЦУ-5, ТМУ-21У, ЦУ-7, ЦУ-8, ТМУ-46, ТМУ-50, ВСЦ-4А**
Низколегированная конструкционная	15ГС, 16ГС, 17ГС, 14ГН, 16ГН, 09Г2С, 10Г2С1, 14ХГС, 20ГСЛ, 17Г1С, 17Г1СУ	ЦУ-5, УОНИ-13/55, ТМУ-21У, ЦУ-7, ЦУ-8, ИТС-4С, ВСЦ-4А**
Низколегированная теплоустойчивая	Для труб диаметром 100 мм и менее: 12МХ, 15ХМ, 12Х2М1, 12Х1МФ, 12Х2МФБ, 12Х2МФСР	ТМЛ-1У, ЦЛ-38, ЦЛ-39, ЦУ-2ХМ, ТМЛ-3У
	Для труб диаметром более 100 мм: 12МХ, 15ХМ, 20ХМЛ	ТМЛ-1У, ЦУ-2ХМ, ЦЛ-38
	12Х1МФ, работающая при температуре среды до 510 °С	ТМЛ-1У, ЦУ-2ХМ, ЦЛ-20, ЦЛ-38, ЦЛ-39, ТМЛ-3У
	12Х1МФ, 15Х1М1ФЛ, 20ХМФЛ, 15Х1М1Ф-ЦЛ, 15Х1М1Ф, работающие при температуре среды до 570°С	ЦЛ-20, ЦЛ-39, ЦЛ-45, ТМЛ-3У
Высоколегированная, коррозионностойкая, жаростойкая, жаропрочная	Для труб диаметром 100 мм и менее: 12Х18Н9Т, 12Х18Н10Т, 12Х18Н12Т	ЭА-400/10У, ЦТ-26, ЭА-400/10Т, ЦТ-26М, ЦТ-15, ЦТ-15К
	12Х11В2МФ	ЭА-400/10У, ЭА-400/10Т

* Можно применять для сварки трубопроводов III и IV категорий

** Можно применять для сварки корневого шва трубопроводов диаметром 219 мм и более из углеродистых и низколегированных сталей

Основные требования к покрытым электродам

- покрытие не имеет сколов, вздутий, неравномерности;
- дуга легко зажигается и стабильно горит;
- покрытие плавится без образования «козырька», без чрезмерного разбрызгивания;
- качественно формируется шов. Шлак легко удаляется.

Перед сваркой электроды прокаливают согласно режиму, приведенному в ОСТе, ТУ или на упаковке электродов.

Прокаливать можно **не более трех раз.** Если после этого электроды показали неудовлетворительные сварочно-технологические свойства, то их **применять нельзя.**

Рекомендуемые режимы прокалки

Марка электрода	Температура, °С / Продолжительность, ч
ТМУ-21У; ЦУ-5; УОНИ-13/55; ТМЛ-3У; ТМУ-50; ТМУ-46; ЦЛ-9; ЭА-400/10Т; ЦТ-15	380 - 400 / 1 - 1,5
ЦУ-6; ЦУ-7; ЦУ-8; ИТС-4С; УОНИ-13/45; ТМЛ-1У; ЦЛ-39; ЦЛ-20; ЦУ-2ХМ; ЭА-395/9; ЭА-400/10У	360 - 370 / 1,5 - 2
ЦЛ-45; ЦЛ-25/1; ЦЛ-25/2; ЦТ-10; ЦТ-26; ЦТ-26М; ЦТ-15К	330 - 350 / 1,5
МР-3; АНО-4; АНО-6М; ОЗС-4; АНО-18; АНО-24	180 - 200 / 1
ВСЦ-4А	90 - 110 / 1

Сварочная проволока

Сварочную проволоку сплошного сечения применяют в качестве присадка при ручной аргонодуговой сварке W-электродом, газовой ацетилено-кислородной сварке. Поверхность проволоки должна быть чистой, без окалины, ржавчины, масла и грязи.

Проволоки **Св-08МХ, Св-08ХМ и Св-09ХМФА** применяют для аргонодуговой сварки только легированных сталей с содержанием кремния не более 0,25%.

Проволоки **Св-08МХ,Св-08ХМ и Св-08ХМА-2** применяют для сварки трубопроводов с температурой среды до 510 °С включительно, а также для сварки корневого шва независимо от параметров рабочей среды.

При ручной аргонодуговой сварке корневого шва трубопроводов с толщиной стенки более 10 мм из хромомолибденовых и хромомолибденованадиевых сталей используют проволоку **Св-08Г2С или Св-08ГС.**

Область применения

Тип и марка стали		Марка проволоки: Ручная аргонодуговая сварка W-электродом	Марка проволоки: Ручная газовая сварка ацетиленокислородным пламенем
Углеродистая Ст2; Ст3; Ст4; Ст3Г; 08; 10; 20; 15Л; 20Л; 25Л		Св-08ГА-2; Св-08Г2С; Св-08ГС	Св-08; Св-08А; Св-08ГА; Св-08ГС; Св-08Г2С; Св-08МХ
Низколегированная конструкционная 15ГС; 16ГС; 17ГС; 14ГН; 16ГН; 09Г2С; 10Г2С1; 14ХГС; 20ГСЛ; 17Г1С; 17Г1СУ		Св-08ГС; Св-08Г2С	Св-08ГС; Св-08Г2С
Легированная теплоустойчивая	12МХ; 15ХМ; 20ХМЛ; 12Х2М1	Св-08МХ; Св-08ХМА-2; Св-08ХМ; Св-08ХГСМА	Св-08МХ; Св-08ХМ; Св-08ХМФА
Легированная теплоустойчивая	12Х1МФ	Св-08ХГСМФА; Св-08ХМ; Св-08ХМФА; Св-08МХ; Св-08ХМА-2	Св-08МХ; Св-08ХМ; Св-08ХМФА
Легированная теплоустойчивая	15Х1М1Ф; 20ХМФЛ; 15Х1М1ФЛ; 12Х2МФСР; 15Х1М1Ф-ЦЛ; 12Х2МФБ	Св-08ХМФА; Св-08ХГСМФА; Св-08ХГСМФА2; Св-08ХМФА2	—
Высоколегированная коррозионностойкая, жаростойкая и жаропрочная 08Х18Н10Т; 12Х18Н12Т; 12Х18Н10Т;		Св-04Х19Н11М3; Св-08Х19Н10Г2Б; Св-04Х20Н10Г2Б; СВ-01Х19Н9; Св-04Х19Н9; Св-06Х19Н9Т	—
12Х11В2МФ		Св-10Х11НВМФ; Св-12Х11НМФ	—

Газы

В качестве защитного газа при ручной аргонодуговой сварке W-электродом **используют аргон высшего и первого сортов** по ГОСТ 10157-79. Допускается газообразный или жидкий аргон.

Перед использованием защитный газ необходимо проверить. На пластину или трубу наплавляют контрольный валик длиной 100-150 мм и

по внешнему виду поверхности наплавки определяют качество защиты. Если в наплавленном металле шва обнаружат поры, газ бракуется.

Для газовой сварки используют **технический ацетилен по ГОСТ 5457-75,** поставляемый в баллонах или получаемый в газогенераторах из карбида кальция по ГОСТ 1460-81.

Карбид кальция CaC_2 - твердое вещество темно-серого или коричневого цвета, при взаимодействии которого с водой образуется ацетилен C_2H_2. В зависимости от грануляции карбида кальция различен выход ацетилена.

Ориентировочные размеры кусков карбида кальция, мм x мм	Выход ацетилена, л / мин: I сорта	Выход ацетилена, л / мин: II сорта
2 x 8	255	235
8 x 15	265	245
15 x 25	275	255
25 x 80	285	265

Допускается использовать **газообразный кислород только первого или второго сорта** по ГОСТ 5583-78.

Неплавящиеся электроды

Применяют стержни как из чистого вольфрама, так и легированные тугоплавкими окислами (ГОСТ 23949-80):

ЭВЧ - чистый вольфрам;
ЭВЛ - с окисью лантана;
ЭВИ - с окисью иттрия;
ЭВТ - с окисью тория.

Электроды марки ЭВЧ используют для сварки на переменном токе, а прочие - для сварки на переменном и постоянном токах прямой и обратной полярности.

Перед сваркой неплавящийся электрод затачивают.

Сварочные материалы должны соответствовать требованиям стандартов и технических условий, подтвержденным сертификатом изготовителя. Марки, сортамент, условия хранения и подготовки должны соответствовать технической документации на сварку.

АТТЕСТАЦИЯ СВАРЩИКОВ

К сварке трубопроводов пара и горячей воды, поднадзорных Госгортехнадзору России, допускаются сварщики, аттестованные в соответствии с «Правилами аттестации сварщиков и специалистов сварочного производства» ПБ 03-273-99.

Первичную аттестацию проходят сварщики, не имевшие ранее допуска к сварке трубопроводов, подконтрольных Госгортехнадзору. **Дополнительной** аттестации подлежат сварщики, прошедшие первичную аттестацию, перед их допуском к сварочным работам, не указанным в их аттестационных удостоверениях, а также после перерыва свыше 6 месяцев в выполнении этих работ. При этом сварщики сдают специальный и практический экзамены.

Периодическую аттестацию проходят все сварщики с целью продлить срок действия их аттестационных удостоверений на выполнение соответствующих работ. При периодической аттестации сварщики сдают также специальный и практический экзамены.

Внеочередную аттестацию должны проходить сварщики перед допуском к работе после временного отстранения от нее. При этом сдают общий, специальный и практический экзамены.

Сварка контрольных соединений выполняется в присутствии членов аттестационной комиссии. Контрольные сварные соединения подвергают неразрушающему и разрушающему контролю качества.

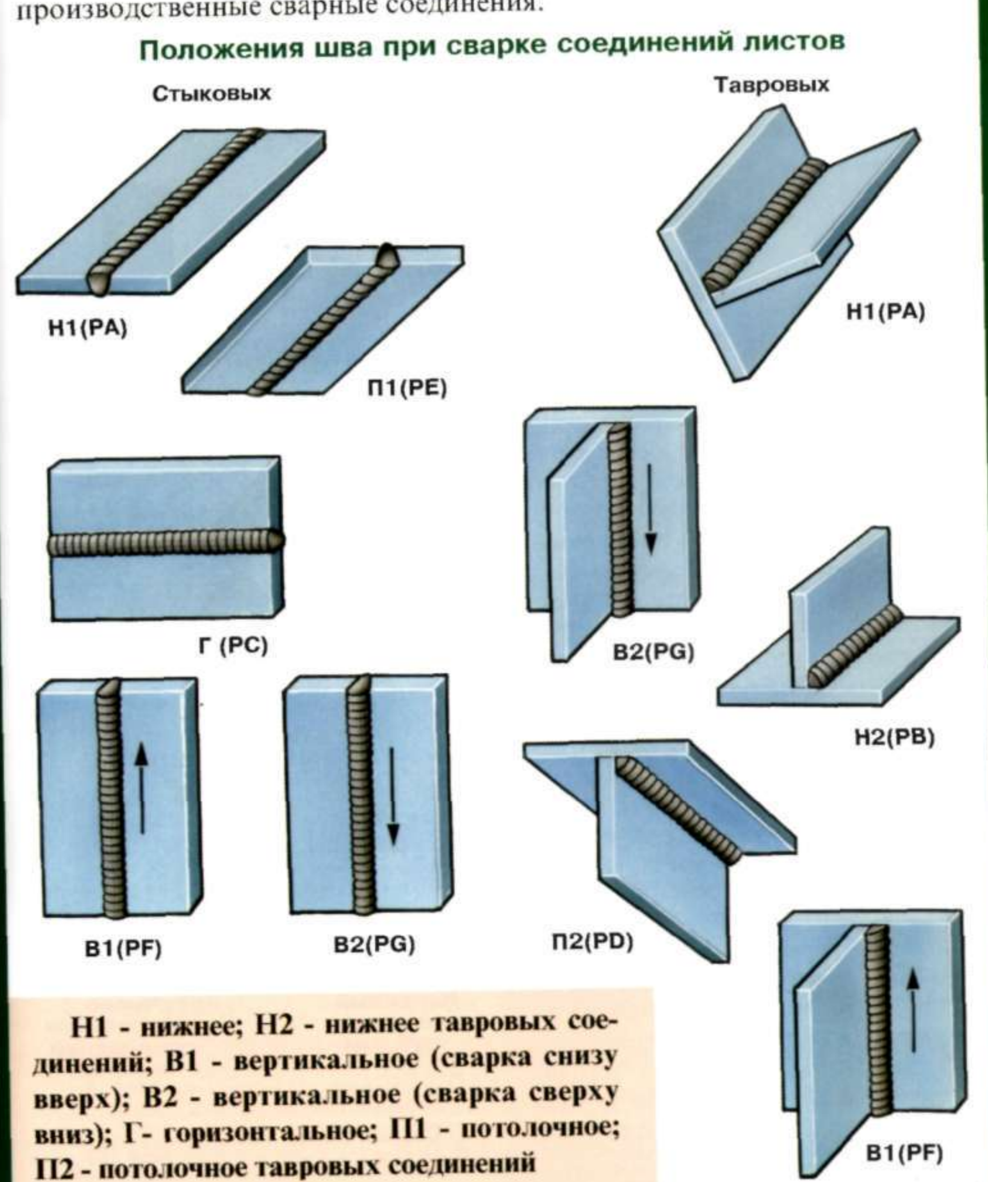
Область распространения аттестации:

- аттестация по сварке стыковых сварных соединений труб распространяется **на сварку стыковых сварных соедининий листов**;
- аттестация по сварке стыковых сварных соединений листов во всех пространственных положениях распространяется на сварку **неповоротных стыковых сварных соединений труб с наружным диаметром 500 мм и более;**
- аттестация по сварке стыковых сварных соединений листов в нижнем (**Н1**) или в горизонтальном (**Г**) положениях, а также угловых сварных соединений листов «в лодочку» (**Н1**) с полным проваром или без него распространяется на сварку **стыковых и угловых соединений труб с наружным диаметром более 150 мм в тех же положениях.**

Аттестационный центр оформляет сварщику отдельные по каждому способу сварки аттестационные удостоверения.

Сварщик выполняет контрольные сварные соединения листов или труб следующих типов: со стыковыми -**СШ (BW)** и/или угловыми - **УШ (FW)** швами. Положения сварки контрольных соединений должны соответствовать тем, в которых сварщику предстоит выполнять производственные сварные соединения.

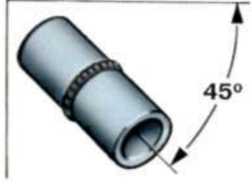
Положения шва при сварке соединений листов

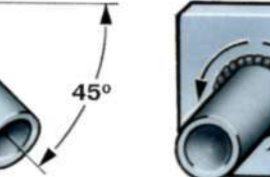


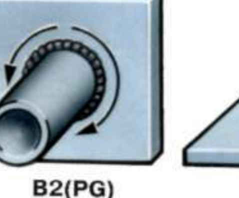
Н1 - нижнее; Н2 - нижнее тавровых соединений; В1 - вертикальное (сварка снизу вверх); В2 - вертикальное (сварка сверху вниз); Г- горизонтальное; П1 - потолочное; П2 - потолочное тавровых соединений

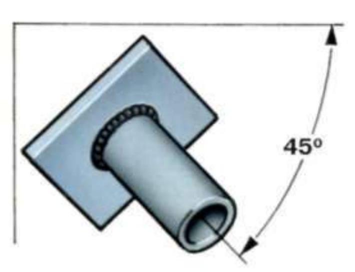
Положения шва при сварке соединений труб

Стыковых | Угловых









Н1 - нижнее при горизонтальном расположении осей труб (трубы), свариваемых с поворотом;

Н2 - нижнее при вертикальном расположении трубы, привариваемой без поворота или с поворотом;

В1 - переменное при горизонтальном расположении осей труб (трубы), свариваемых (привариваемой) без поворота «на подъем»;

В2 - переменное при горизонтальном расположении осей труб (трубы), свариваемых (привариваемой) без поворота «на спуск»;

Г - горизонтальное при вертикальном расположении осей труб, свариваемых без поворота или с поворотом;

Н45 - переменное при наклонном расположении осей труб (трубы), свариваемых (привариваемой) без поворота.

П2 - потолочное при вертикальном расположении оси трубы, привариваемой без поворота или с поворотом

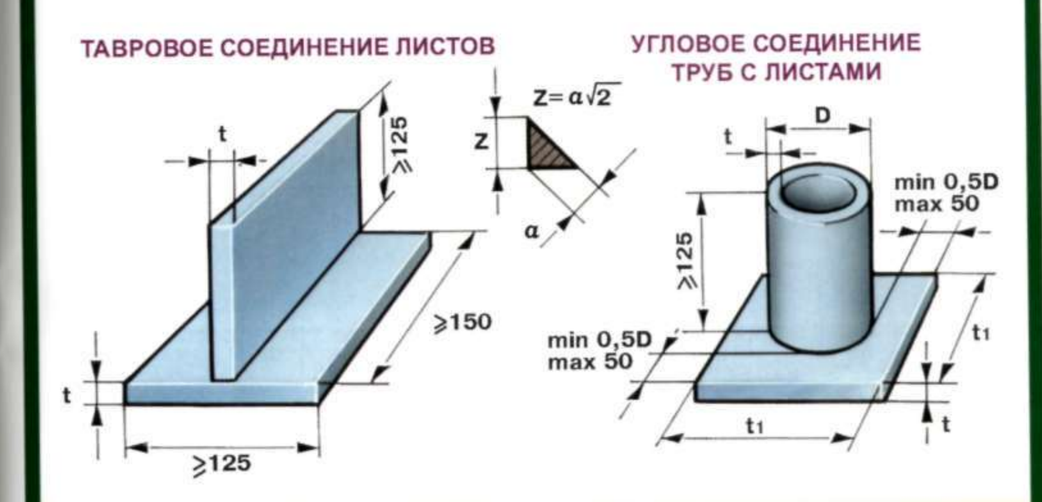
Наружный диаметр труб, мм	Число контрольных соединений не менее:
Свыше 100	1
Свыше 25 до 100	2
До 25	5

При ручной и механизированной сварке в защитных газах порошковой проволокой для получения права на выполнение работ во всех пространственных положениях сварщику необходимо выполнить сварку наиболее трудных соединений. Размеры (в мм) контрольных сварных соединений должны соответствовать следующим величинам:

СТЫКОВОЕ СОЕДИНЕНИЕ ТРУБ

СТЫКОВОЕ СОЕДИНЕНИЕ ЛИСТОВ

ТАВРОВОЕ СОЕДИНЕНИЕ ЛИСТОВ | **УГЛОВОЕ СОЕДИНЕНИЕ ТРУБ С ЛИСТАМИ**



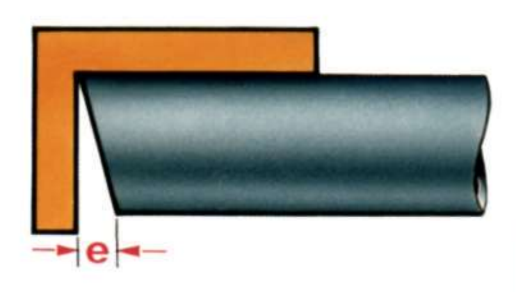
t, мм	≥ 6	< 6
α, мм	≤ 0,5 t	0,5 t ≤ α ≤ Z (Z=0,7t)

ПОДГОТОВКА СТЫКОВ ТРУБ ПОД СВАРКУ

Выполняется механической обработкой либо путем термической резки или строжки (кислородной, воздушно-дуговой, плазменно-дуговой) с последующей механической обработкой резцом, фрезой, абразивным инструментом. Глубина механической обработки после термической резки должна быть указана в технической документации на трубопровод в зависимости от восприимчивости конкретной марки стали к термическому циклу резки.

Фаски на трубах из углеродистых и низколегированных сталей под ручную аргонодуговую сварку без подкладных колец, а также на трубах из сталей легированных и высоколегированных, независимо от способа сварки, необходимо снимать только механическим способом. Подготовленные кромки не должны иметь вырывов, заусенцев, резких переходов и острых углов. Все местные уступы и неровности следует удалить абразивным кругом или напильником.

Подготовленный торец трубы проверяют на перпендикулярность



Номинальный внутренний диаметр трубы, мм	До 65	66-125	126-225	226-500	Св. 500
Допустимый перекос плоскости e, мм	0,5	1,0	1,5	2,0	25

Если разность внутренних диаметров стыкуемых труб превышает допустимую (30% толщины стенки), то для достижения плавности перехода в месте стыка применяют один из следующих способов:

- раздача без нагрева или с нагревом конца трубы с меньшим внутренним диаметром;
- расточка по внутренней поверхности конца трубы с меньшим диаметром;
- наплавка на внутреннюю поверхность трубы с бо́льшим внутренним диаметром слоя металла и последующая его обработка резцом и абразивным камнем.

Устройства для калибровки концов труб

Коническая оправка

Разжимная оправка

Рекомендуемая обработка внутреннего диаметра концов труб согласно РД 153-34.1-003-01

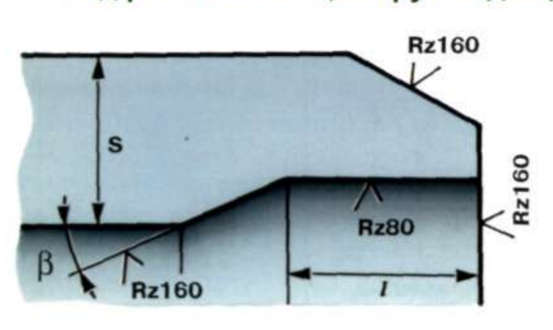
ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОПЕРАЦИЯ И ЭСКИЗ ОБРАБОТКИ КОНЦА ТРУБЫ	Требования к технологической операции
РАЗДАЧА (S, β, D_p)	Раздача вхолодную и с нагревом D_p - диаметр в месте раздачи или расточки $\beta \leqslant 15^\circ$
РАСТОЧКА (S, β, *l*, D_p)	*l*, мм / S, мм: $\geqslant 40$ / $\leqslant 5$ $\geqslant 50$ / $5 < S \leqslant 25$ $\geqslant 1{,}6S+10$ / >25 β, град. для аустенитной стали . . $\leqslant 6$ для других сталей . . . . $\leqslant 15$
РАСТОЧКА (S, β, D_p)	β, град. для аустенитной стали . . $\leqslant 6$ для других сталей . . . . $\leqslant 15$
НАПЛАВКА И РАСТОЧКА (S, $\leqslant 15^\circ$, наплавка, $\leqslant 6$, *l*, D_p, D_H) Только для углеродистых и низколегированных, конструкционных и теплоустойчивых сталей. Остальные операции - независимо от легирования	D_H - наружный диаметр *l*, мм / D_H, мм: $\geqslant 20$ / < 219 $\geqslant 30$ / 219-273 $\geqslant 50$ / >273

ВЕЛИЧИНА РАЗДАЧИ: $A = \frac{D_2 - D_1}{D_1} 100, \%$ где D_1 и D_2 - внутренние диаметры труб соответственно до и после раздачи

Технологические параметры способа раздачи концов труб согласно РД 153-34.1-003-01

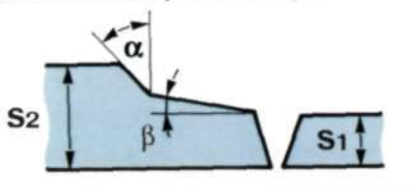
Температура нагрева раздаваемого конца трубы, °С	Максимальный наружный диаметр трубы, мм	Максимальная толщина стенки трубы, мм	max A,%
СТАЛЬ УГЛЕРОДИСТАЯ			
20	83	6	6
20	84 - 200	8	4
700 - 900	300	20	10
СТАЛЬ НИЗКОЛЕГИРОВАННАЯ КОНСТРУКЦИОННАЯ			
20	200	8	4
700 - 900	300	20	10
СТАЛЬ НИЗКОЛЕГИРОВАННАЯ ТЕПЛОУСТОЙЧИВАЯ			
20	100	8	4
900 - 1000	100	8	10
СТАЛЬ ВЫСОКОЛЕГИРОВАННАЯ АУСТЕНИТНОГО КЛАССА			
20	83	6	6
20	84 - 100	10	4
СТАЛЬ ВЫСОКОЛЕГИРОВАННАЯ МАРТЕНСИТНО-ФЕРРИТНОГО КЛАССА			
20	100	6	4

Вид расточки концов труб под подкладное кольцо

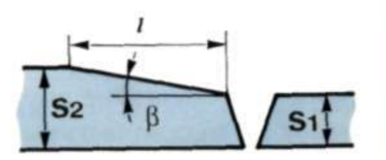


S, мм	l, мм	β, град
До 5	40	15 ± 2
5-25	50	15 ± 2
Св.25	1,6S + 10	15 ± 2

При стыковке труб с разными наружными диаметрами следует выполнить следующие варианты обработки:



$l \geq 50$ мм; $\alpha=(45 \pm 2)^\circ$; $\beta \leq (15 \pm 2)^\circ$



$l \geq 5(S_2 - S_1)$; $\beta = (15 \pm 2)^\circ$

Вмятины на концах труб исправляют с помощью домкратов или других разжимных устройств при условии, что глубина вмятины не превышает 3,5% диаметра трубы, а толщина стенки трубы - не более, мм:

Из углеродистых и низколегированных сталей 20
Из высоколегированных сталей 10
Из низколегированных теплоустойчивых сталей 6

Кромки литых деталей трубопровода необходимо подготавливать в заводских условиях механическим путем. Никакая дополнительная обработка литых деталей в условиях монтажа **не допускается.**

Качество обработки кромок труб под сварку, размеры фасок проверяют специальными шаблонами.

ШАБЛОНЫ ДЛЯ ПРОВЕРКИ:

Углов

разделки стыка

скоса кромок

Превышения кромок

Притупления кромок

Зазоров в соединениях

нахлесточном

тавровом

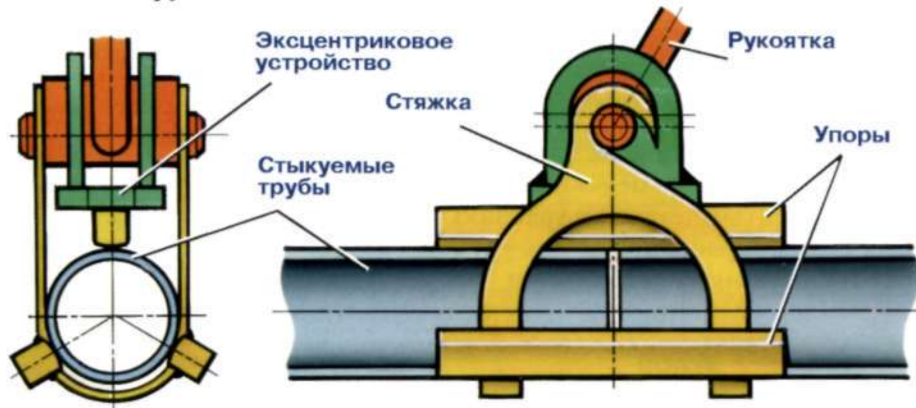
стыковом

Сборка стыков труб

При сборке стыков с односторонней разделкой кромок и свариваемых без подкладных колец и подварки корня шва смещение внутренних кромок не должно быть выше, чем установлено технической документацией на трубопровод.

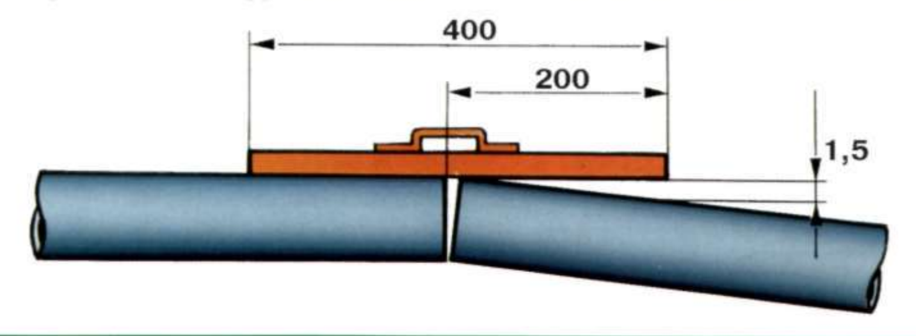
Подготовленные кромки и прилегающие к ним участки должны быть зачищены механическим способом до металлического блеска и обезжирены на ширину не менее 20 мм с наружной и не менее 10 мм с внутренней стороны.

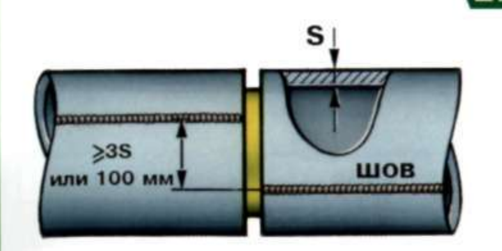
При сборке стыков труб под сварку следует пользоваться центровочными приспособлениями, предпочтительно инвентарными, непривариваемыми к трубам.



Прямолинейность труб в стыке (отсутствие переломов) и смещение кромок проверяют линейкой длиной 400 мм, прикладывая ее в трех-четырех местах по окружности стыка.

В правильно собранном стыке просвет между концом линейки и поверхностью трубы должен быть не более 1,5 мм, а в сваренном стыке - не более 3 мм.





При сборке труб и других элементов, имеющих продольные и спиральные швы, последние должны быть смещены один относительно другого. Смещение - не менее трехкратной толщины стенки свариваемых труб, но не менее 100 мм.

Последовательность сборки стыка с подкладным кольцом

- устанавливают кольцо в одну из труб с зазором между ним и внутренней поверхностью трубы не более 1 мм;
- делают прихватку кольца с наружной стороны трубы в двух местах, а затем приваривают его к трубе ниточным швом с катетом не более 4 мм;
- зачищают ниточный шов от шлака и брызг;
- надвигают на выступающую часть подкладного кольца стыкуемую трубу;
- устанаваливают зазор 4-5 мм между ниточным швом и стыкуемой трубой;
- проверяют правильность сборки;
- приваривают подкладное кольцо ниточным швом к стыкуемой трубе.

Приварка подкладного кольца

к первой трубе

≤4

ко второй трубе

$8^{\pm 1}$

4-5

Подкладное кольцо

Корневой шов сваривают электродами диаметром 2,5-3,0 мм. Размеры подкладного кольца: ширина 20-25 мм, толщина 3-4 мм.

Перед прихваткой и началом сварки качество сборки **должен проверять сварщик.** Качество сборки стыков трубопроводов под давление выше 2,2 МПа или диаметром более 600 мм независимо от рабочего давления **проверяет мастер или контролер.** При контроле качества сборки стыков паропроводов с рабочей температурой 450 °С и выше необходимо убедиться в наличии заводского номера плавки, номера трубы.

Конструкции стыков трубных элементов по РД 153-34.1-003-01

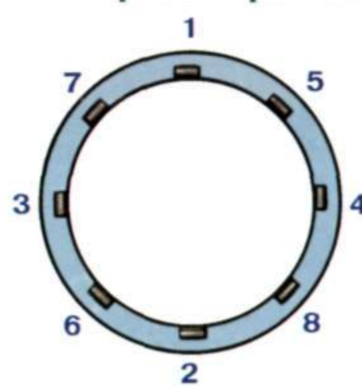
Подготовленные кромки свариваемых деталей	Способ сварки	Наружный диаметр, мм	Конструктивные размеры			
			S, мм	*a*, мм	b, мм	α, град
Разделка без скоса кромок и без подкладного кольца (S, *a*)	РД	≤ 159	2 - 3	0,5 - 1,5	-	-
	РАД	≤ 100	1 - 3	≤ 0,3; (0,5 - 1,5)	-	-
	Г	≤ 100	1 - 3	0,5 - 1,5	-	-
	ААД	≤ 159	≤ 4	≤ 0,3	-	-
	АФ	≥ 200	4 - 8	1,5 - 2,0	-	-
V-образная разделка без подкладного кольца (S, α, *a*, b)	РД, МП	любой	3 - 5	1,0 - 1,5	0,5 - 1,5	30±3; (25 - 45)
	РД, МП	любой	6 - 14	1,0 - 2,0	0,5 - 1,5	30±3; (25 - 45)
	АФ	≥ 200	15 - 25	2,0 - 2,5	0,5 - 1,5	30±3; (25 - 45)
	КСС	≥ 32	4 - 25	≤ 0,5; (1 - 2)	0,5 - 1,5	30±3; (25 - 45)
	РАД, АДД	≤ 630	2 - 10	≤ 0,5; (1 - 2)	0,5 - 1,5	30±3; (25 - 45)
	Г	≤ 159	3 - 8	1 - 2	0,5 - 1,5	30±3; (25 - 45)
V-образная разделка с подкладным кольцом (S, α, *a*)	РД	> 100	≥ 16	7 - 9	-	15 ± 2
	РД	> 100	≥ 16	7 - 9	-	7 ±1
	РД	> 100	≥ 5	2,5 - 3,5	-	30±3; (25 - 45)
	МП	> 100	≥ 5	8 - 9	-	30±3; (25 - 45)
	МП	≥ 133	≥ 10	8 - 9	-	15 ± 2
	АФ	> 200	4 - 5	4 - 5	-	15 ± 2
	АФ	> 200	≥ 5	6 - 7	-	15 ± 2
Двухскосная разделки без подкладного кольца (S, α, 45°, 4-6, *a*, b)	см. обозначения →		Зазор *a* без скобок - при выполнении корневого слоя аргонодуговой сваркой без присадочной проволоки; в скобках - с присадком. Углы скоса кромок α в скобках - предельно допустимые			
	МП	≥ 133	≥16	1,5 - 2,5	1,5 - 2,0	10 ± 2
	КСС	≥ 133	≥ 10	≤ 0,5; (1 - 2)	1,5 - 2,0	10 ± 2
Чашеобразная разделка без подкладного кольца (1,5-3, S, α, b, *a*, R=4-5; Допускается R=0)	КСС	≥ 108	≥ 5	≤ 0,5; (1 - 2)	3 ± 0,2	15 ± 2
	см. обозначения →					

РД - ручная дуговая сварка
РАД - ручная аргонодуговая сварка
ААД - автоматическая аргонодуговая
Г - ручная газовая ацетиленокислородная
МП - полуавтоматическая в углекислом газе
АФ - автоматическая дуговая сварка под флюсом
КСС - комбинированная: корень шва выполняется РАД, а остальные слои - РД или МП

Допустимые смещения (несовпадения) внутренних диаметров стыкуемых трубных элементов по РД 153-34.1-003-01

Характер отклонения и эскиз стыкуемых элементов	Толщина стенки, мм	Давление рабочей среды, кгс/см² (МПа)	Диаметр, мм	Допустимое отклонение, мм
Смещение внутренних диаметров стыков труб без подкладных колец	$S \leq 4$	$P < 22$ (2,2)	$D_н > 200$	$n_1 \leq 0{,}2S$
	$S > 4$	$P < 22$ (2,2)	$D_н > 200$	$0{,}15S < n_1 \leq 2$
	Не нормирована	$P \geq 22$ (2,2)	Не нормирован	$(0{,}02S+0{,}4) \leq n_1 \leq 1$
Кольцевой зазор между подкладным кольцом и внутренней поверхностью трубы	Не нормирована	Не нормировано	$D_{р2} - D_{р1} \leq 2$	$n_1 \leq 1$
Кольцевой зазор между фигурным подкладным кольцом и внутренней поверхностью трубы	Не нормирована	Не нормировано	Не нормирован	При $n \leq 6$ фигурное подкладное кольцо размером $n_1 \leq 1$

Прихватки располагают равномерно по периметру стыка:



Диаметр труб, мм	Число прихваток	Протяженность прихваток, мм
До 50	1 - 2	5 - 20
Св. 50 до 100	1 - 3	20 - 30
Св. 100 до 400	3 - 4	30 - 40
Св. 400	Через 300-400 мм	40 - 60

Правила выполнения прихваток

Прихватки ставят всегда только с наружной стороны трубы и тщательно зачищают. Нельзя ставить прихватки в местах пересечения торца трубы и продольных швов. В процессе сварки прихватки нужно полностью переплавить или удалить механическим способом.

Прихватка собранных под сварку элементов трубопровода должна ставиться с использованием тех же сварочных материалов, которые приготовлены и для сварки. Рекомендуется тот же способ сварки, что и для корневого шва. Если для него выбрана автоматическая или механизированная сварка, то прихватки следует ставить ручным дуговым или ручным аргонодуговым способом. Это делает сварщик, допущенный к сварке стыков труб соответствующей марки стали, который и будет сваривать данный стык.

Высота прихваток

S, мм	Вид ручной сварки: Покрытым электродом	Вид ручной сварки: Аргонодуговая
1 - 3	h = S	h = S
3 - 10	h = (0,6-0,7)S	h = b + 0,5 мм
Св. 10	5 - 6 мм	h = b + 1,5 мм

К качеству прихваток предъявляются те же требования, что и к основному шву. Прихватки с недопустимыми дефектами, обнаруженными визуально, удаляют механическим способом и ставят новые.

ТЕХНОЛОГИЯ РУЧНОЙ ДУГОВОЙ СВАРКИ ПОКРЫТЫМ ЭЛЕКТРОДОМ

Выбор параметров режима

- *Род и полярность* тока определяют в зависимости от марки стали, толщины стенки трубы, марки покрытого электрода.
- *Сварочный ток* обуславливается диаметром электрода $d_э$ (мм), который выбирают в зависимости от толщины трубы:

Низкоуглеродистые и низколегированные конструкционные стали	Высоколегированные хромоникелевые стали
$I_{св} = (30 - 40)\, d_э$, А	$I_{св} = (25 - 30)\, d_э$, А

- *Напряжение на дуге* определяется ее длиной. Оптимальную длину дуги выбирают между минимальной ($0,5d_э$) и максимальной ($d_э+1$).
- *Скорость сварки* сварщик назначает в зависимости от требуемых геометрических размеров шва или наплавляемого валика.

Ориентировочные режимы сварки

Покрытие электрода	Диаметр электрода, мм	Сварочный ток (А) при положении шва		
		нижнем	вертикальном	потолочном
Основное	2,5	70 - 90	60 - 80	55 - 75
	3	90 - 110	80 - 100	70 - 90
	4	120 - 170	110 - 150	95 - 135
	5	170 - 210	150 - 190	-
Рутиловое	2,5	70 - 90	60 - 80	55 - 75
	3	90 - 130	80 - 115	75 - 105
	4	140 - 190	125 - 170	110 - 155
	5	180 - 230	165 - 205	-

При сварке труб малого (до 100 мм) диаметра с толщиной стенки 2-10 мм из углеродистых, низколегированных и теплоустойчивых сталей:

- стык собирают в приспособлениях и прихватывают ручной аргонодуговой сваркой в одной или двух точках, расположенных симметрично;
- стык, скрепленный одной прихваткой, сразу же обваривают, начиная со стороны, противоположной прихватке;
- при толщине стенки менее 3 мм прихватку выполняют электродом диаметром не более 2,5 мм;

Стыки труб со стенкой толщиной более 4 мм сваривают не менее чем в два слоя:

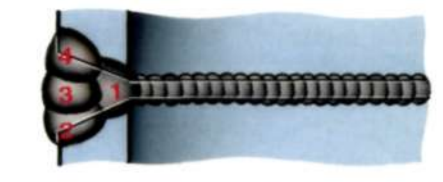
I - корневой шов (слой);

II - облицовочные валики (слои);

1; 2; 3; 4; 5 - очередность выполнения

ВЕРТИКАЛЬНЫЙ СТЫК

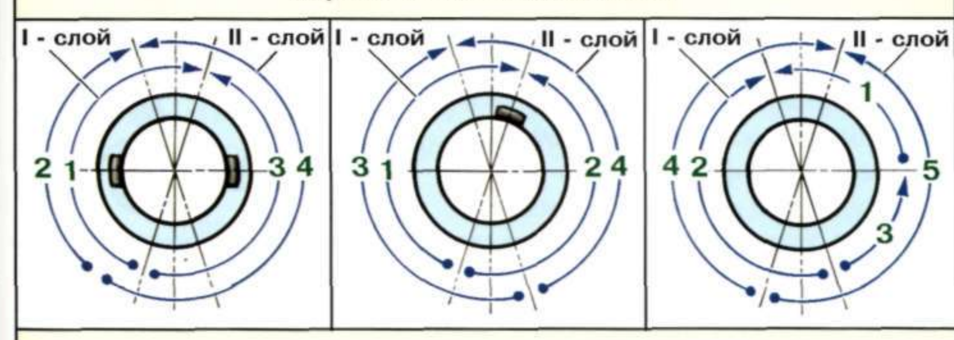
ГОРИЗОНТАЛЬНЫЙ СТЫК



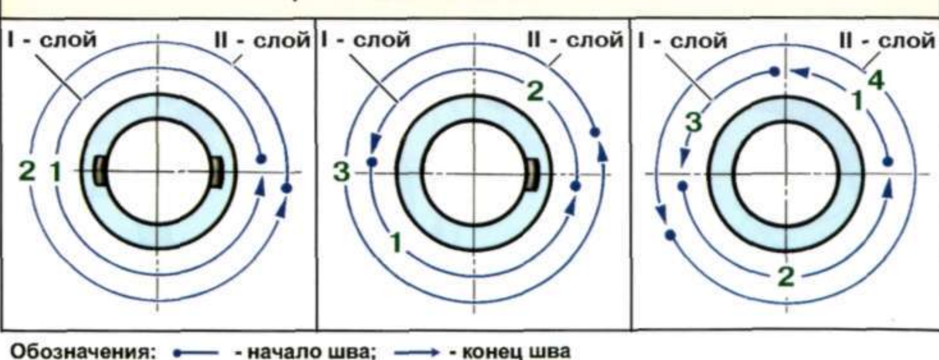
Очередность ручной сварки стыков труб диаметром менее 100 мм

С двумя прихватками длиной 10-15 мм, высотой 3-4 мм	С одной прихваткой длиной 10-20 мм, высотой 3-4 мм	Без прихваток (с помощью приспособления)

Вертикальное положение стыка



Горизонтальное положение стыка



Обозначения: •— - начало шва; —→ - конец шва

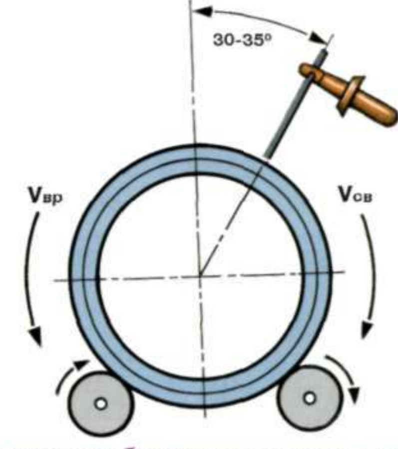
При сварке труб диаметром 30-83 мм :

- **вертикальный стык** сваривают участками по три четверти периметра;
- каждый **последующий валик** горизонтального стыка укладывают в противоположном направлении;
- **«замковые»** участки последующих валиков смещают относительно предыдущих швов.

Сварка поворотных стыков труб

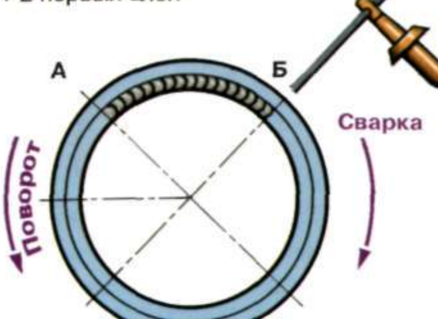
При сварке на вращателях подбирают скорость вращения трубы ($V_{вр}$), равную скорости сварки ($V_{св}$). Положение сварки, наиболее удобное для формирования шва, находится не в зените, а в точке, отстоящей от вертикали на 30-35° в сторону, обратную направлению вращения трубы.

Когда вращателей нет или они нецелесообразны, свариваемые стыки труб поворачивают на углы 60-110°. Это позволяет формировать шов в самом удобном положении - нижнем.

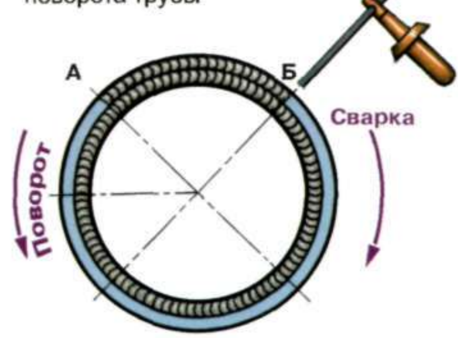


Трубы диаметром более 219 мм сваривают обратноступенчатым способом за два полных оборота:

1. На каждый участок, обращенный в наилучшее положение АБ, укладывают 1-2 первых слоя

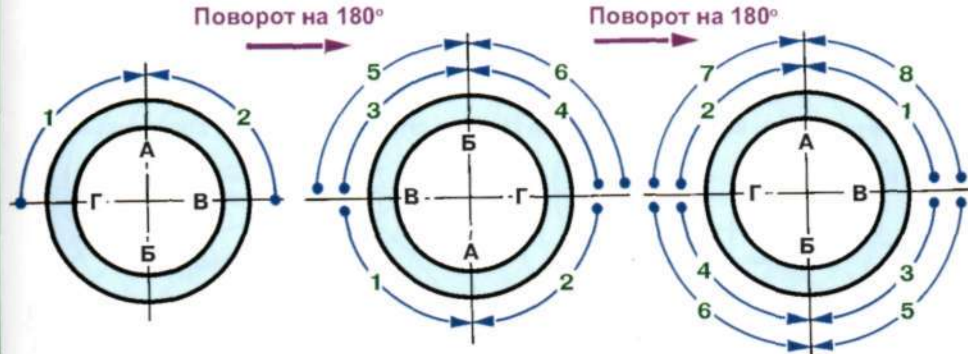


2. Последовательно заполняют оставшуюся разделку за время второго поворота трубы

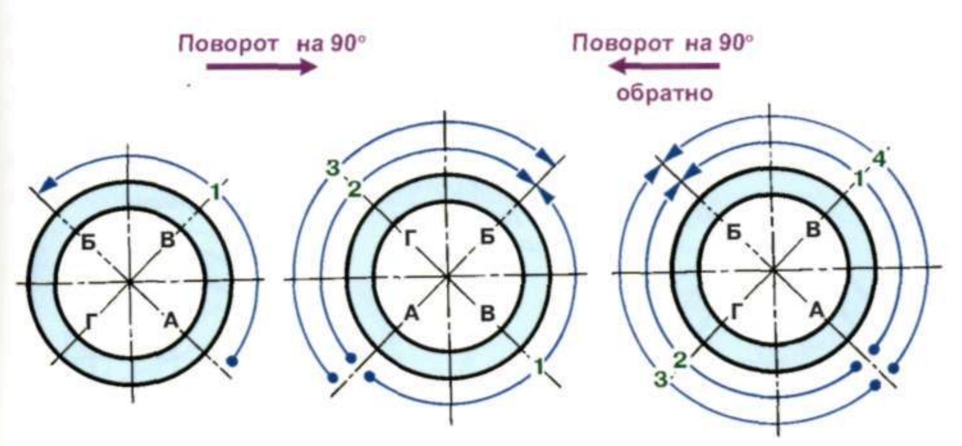


Трубы с поворотом на 180° сваривают в три приема. Вначале одним или двумя слоями сваривают участки ГА и ВА. После этого трубу поворачивают на 180° и заваривают участки ВБ и ГБ на всю толщину.

Затем трубу поворачивают на 180° и заваривают оставшуюся разделку на участках ГА и ВА. Сварку труб с поворотом на 180° могут выполнять как один сварщик, так и двое.



Сварку стыков труб с поворотом на 90° ведут тоже в три приема. Сперва заваривают участок стыка АВБ, укладывая один-два слоя. Потом трубу поворачивают на 90° и заваривают участок АГБ на всю толщину. Наконец, следуют обратный поворот на 90° и заварка оставшейся толщины трубы на участке АВБ.



Сварка с поворотом стыка позволяет качественно формировать шов с минимальными деформациями и напряжениями, плавным переходом к основному металлу, с минимальной чешуйчатостью, без наплывов и подрезов.

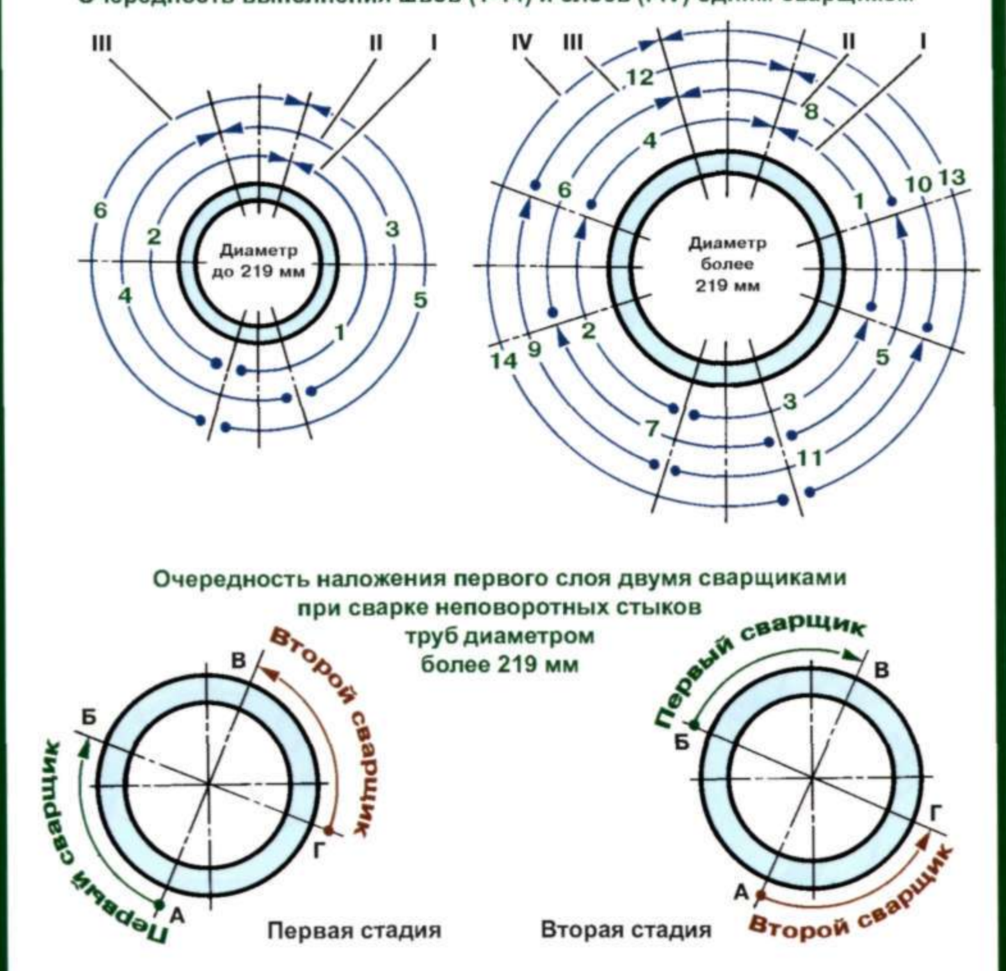
Сварка неповоротных стыков труб

Вертикальные неповоротные стыки сваривают снизу вверх.

Сварку первых трех слоев в стыках труб диаметром более 219 мм следует выполнять обратноступенчатым способом. Длина каждого участка должна быть 200-250 мм.

Длина участков последующих слоев может составлять половину окружности стыка. Стыки труб с толщиной стенки до 16 мм можно сваривать участками длиной, равной половине окружности, начиная со второго слоя.

Очередность выполнения швов (1-14) и слоев (I-IV) одним сварщиком



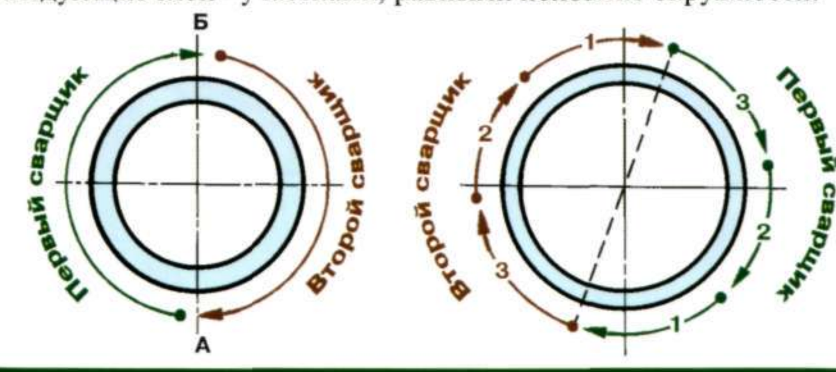
Очередность наложения первого слоя двумя сварщиками при сварке неповоротных стыков труб диаметром более 219 мм

Горизонтальные неповоротные стыки труб диаметром более 219 мм, выполняемые одним сварщиком, необходимо сваривать обратноступенчатым способом участками длиной 200-250 мм. Четвертый и последующие слои можно сваривать вкруговую.

Очередность (1-12) выполнения швов одним сварщиком

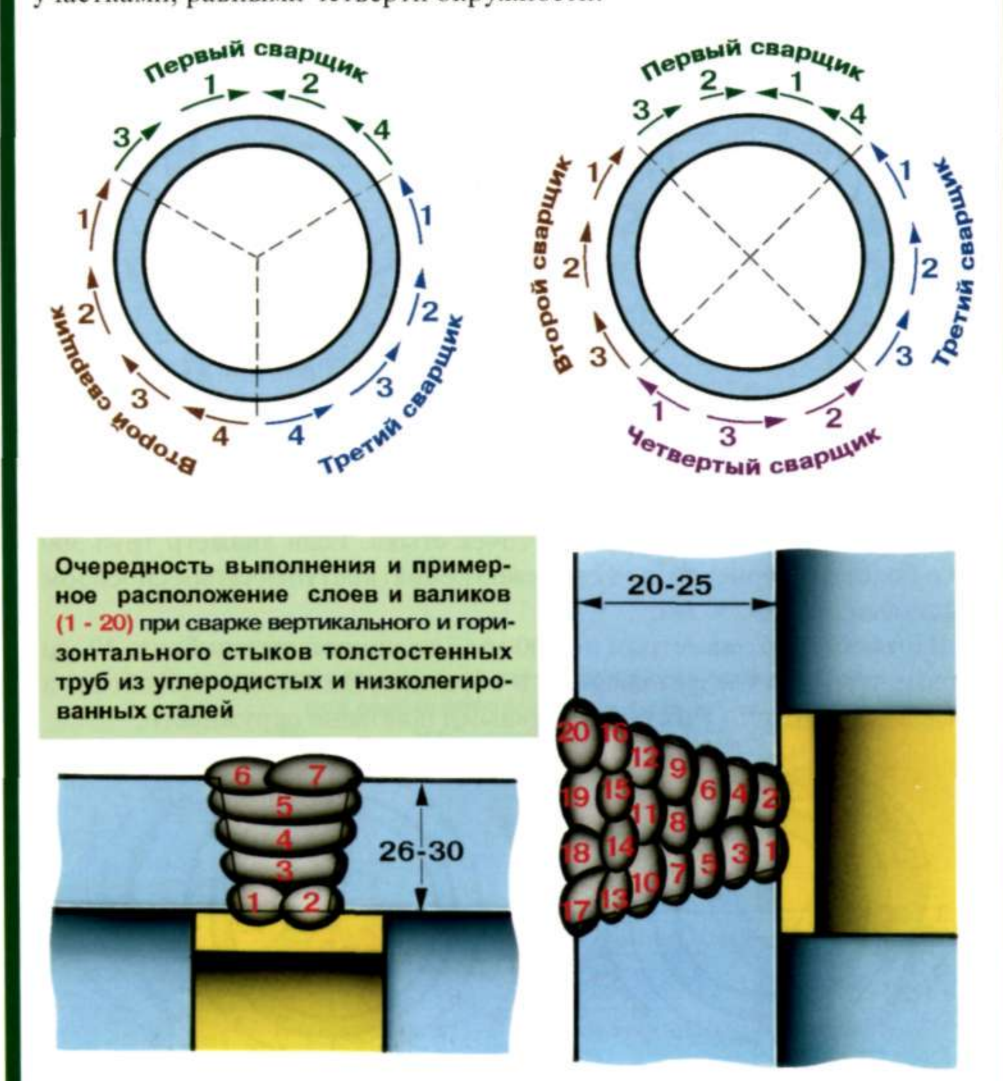
При сварке горизонтального стыка двумя сварщиками последовательность сварки корневого шва зависит от диаметра труб. Если диаметр менее 300 мм, то каждый сварщик заваривает участок длиной в половину окружности. В один и тот же момент сварщики должны находиться у диаметрально противоположных точек стыка. Если диаметр труб 300 мм и более, то корневой шов сваривают обратноступенчатым способом участками по 200-250 мм.

В стыках труб диаметром до 300 мм с толщиной стенки более 40 мм первые три слоя следует сваривать обратноступенчатым способом, а последующие слои - участками, равными половине окружности.



Стыки труб из низколегированных сталей диаметром свыше 600 мм при толщине стенки 25-45 мм сваривают так: все слои шва выполняют обратноступенчатым способом участками не более 250 мм.

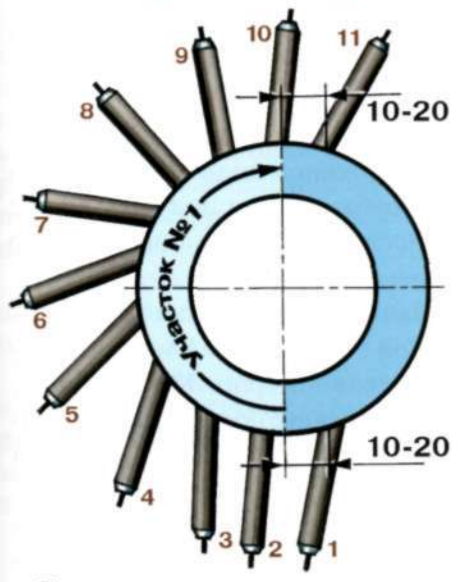
Трубы диаметром более 600 мм из хромомолибденованадиевых сталей сваривают одновременно двое и более сварщиков, у каждого из которых свой отрезок стыка. Применяют обратноступенчатый способ (участки по 200-250 мм). Четвертый и последующие слои допускается выполнять участками, равными четверти окружности.



Очередность выполнения и примерное расположение слоев и валиков (1 - 20) при сварке вертикального и горизонтального стыков толстостенных труб из углеродистых и низколегированных сталей

ТЕХНИКА РУЧНОЙ ДУГОВОЙ СВАРКИ ТРУБ ПОКРЫТЫМИ ЭЛЕКТРОДАМИ

Сварка неповоротного вертикального стыка



Сварной шов выполняется за два приема. Периметр стыка условно делится вертикальной осевой линией на два участка, каждый из которых имеет три характерных положения:

- потолочное (позиции 1-3);
- вертикальное (позиции 4-8);
- нижнее (позиции 9-11).

Каждый участок сваривается с потолочного положения. Сварка ведется только короткой дугой:

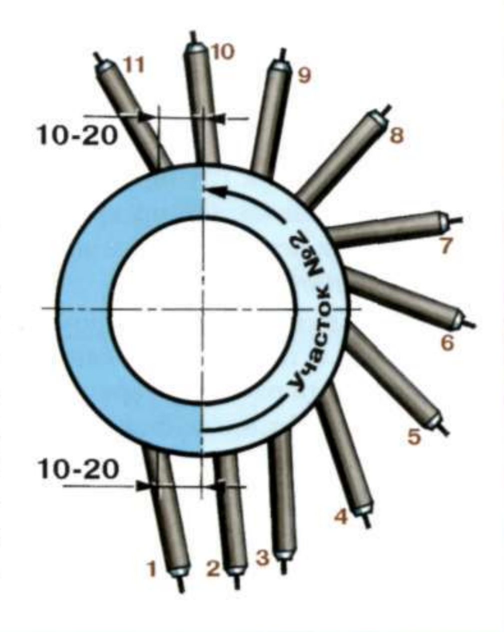
$$l_{min} = 0{,}5\ d_э,\ мм,$$

где $d_э$ - диаметр электрода.

Оканчивают шов в нижнем положении.

Сварку каждого из участков начинают со смещением на 10-20 мм от вертикальной осевой. Участок перекрытия швов - «замковое» соединение - зависит от диаметра трубы и может быть от 20 до 40 мм. Чем больше диаметр трубы, тем длиннее «замок»

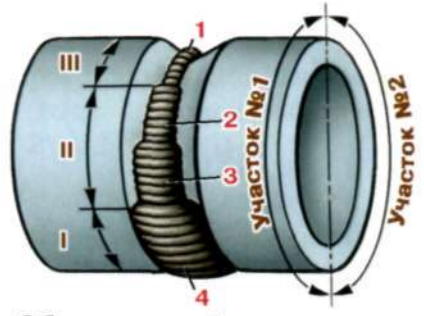
Начальный участок шва выполняют в потолочном положении «углом назад» (поз. 1,2). При переходе на вертикальное положение (поз. 3-7) сварка ведется «углом вперед». По достижении позиции 8 электрод ориентируют под прямым углом, а, перейдя в нижнее положение, сварку вновь ведут «углом назад».



Перед сваркой второго участка нужно зачистить начальный и конечный участки шва с плавным переходом к зазору или к предыдущему валику. Сварку второго участка следует выполнять так же, как и первого.

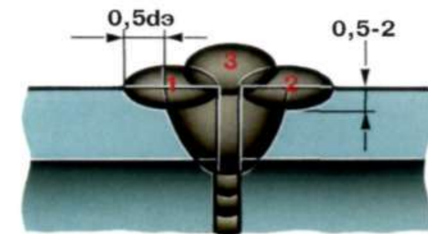
Для корневого шва применяют электрод диаметром 3 мм. Сила тока в потолочном положении 80-95 А. На вертикали ток рекомендуется уменьшить до 75-90 А. При сварке в нижнем положении ток увеличивают до 85-100 А.

При сварке труб с качественным формированием корня шва без подварки проплавление достигается путем постоянной подачи электрода в зазор. Добиваясь проплавления внутри трубы, можно получить шов с выпуклой поверхностью, что потребует последующей механической его зачистки в потолочном положении.



Заполнение разделки труб с толщиной стенки более 8 мм происходит неравномерно. Как правило, отстает нижнее положение. Для выравнивания заполнения разделки необходимо дополнительно наплавить валики в верхней части разделки. Предпоследние слои должны оставить незаполненную разделку на глубину не более 2 мм.

Облицовочный шов сваривают за один или несколько проходов. Предпоследний валик заканчивают так, чтобы разделка осталась незаполненной на глубину 0,5-2 мм, а основной металл по краям разделки был переплавлен на ширину 1/2 диаметра электрода.



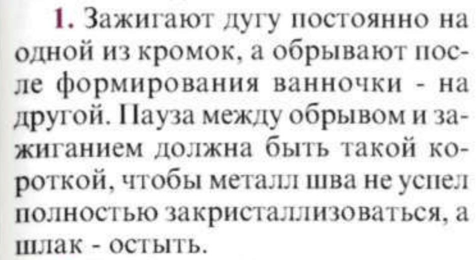
При сварке труб диаметром менее 150 мм с толщиной стенки менее 6 мм, а также в монтажных условиях, когда источник питания удален от места работы, сварку ведут при одном и том же значении сварочного тока. Рекомендуется подбирать токовый режим по потолочному положению, ток в котором достаточен и для нижнего положения. При сварке на подъеме из потолочного положения в вертикальное, чтобы не было чрезмерного проплавления, следует прибегнуть к прерывистому формированию шва. При этом способе периодически прерывают процесс горения дуги на одной из кромок.

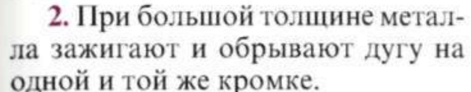
В зависимости от толщины стенки трубы, зазора и притупления кромок рекомендуется выполнять сварку «мазками» одним из способов:

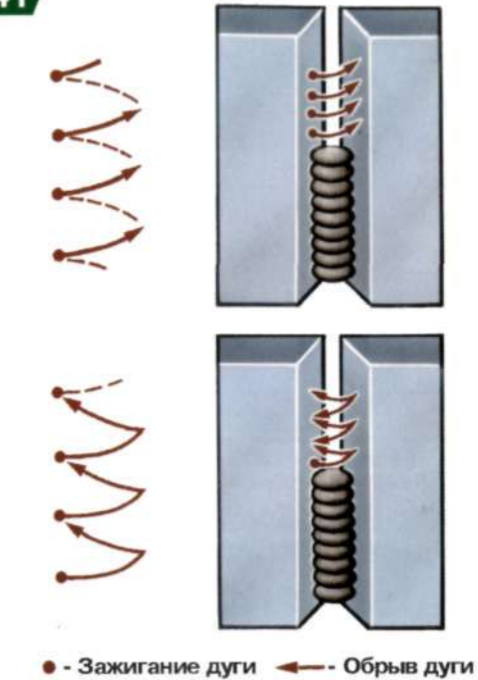
1. Зажигают дугу постоянно на одной из кромок, а обрывают после формирования ванночки - на другой. Пауза между обрывом и зажиганием должна быть такой короткой, чтобы металл шва не успел полностью закристаллизоваться, а шлак - остыть.

2. При большой толщине металла зажигают и обрывают дугу на одной и той же кромке.

Не рекомендуется зажигать дугу в том месте, где только что был ее обрыв. Нельзя, не оборвав дугу, перемещать электрод вперед по разделке, а затем вновь возвращаться на шов.



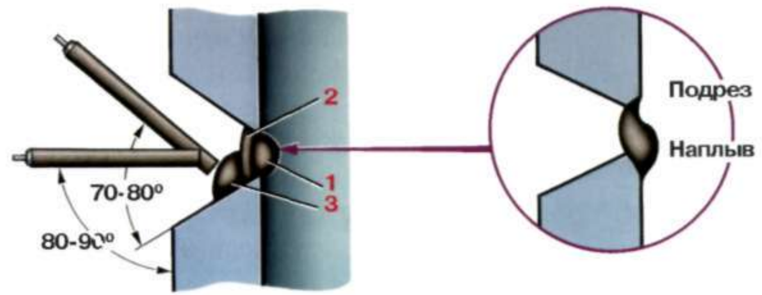




● - Зажигание дуги ←- Обрыв дуги

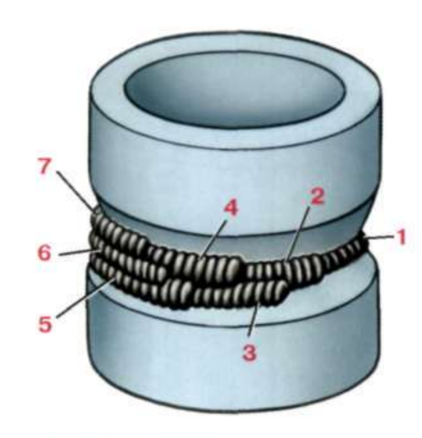
Сварка неповоротного горизонтального стыка

Сварка с формированием стабильного проплавления ведется электродом диаметром 3 мм. Сварочный ток выбирают в зависимости от толщины основного металла, зазора между кромками и толщины притупления. Наклон электрода составляет 80-90° к вертикали. При сварке «углом назад» наклон обеспечивает максимальное проплавление, а «углом вперед» - минимальное.



При недостаточном проплавлении длину дуги следует держать короткой, а при нормальном проплавлении - средней.

Корневой шов лучше выполнять с минимальными размерами сварочной ванны, чтобы не было подрезов и наплывов с обратной стороны шва.



Второй валик формируют так, чтобы расплавлять первый корневой шов и обе кромки трубы. Сварочный ток устанавливают в среднем диапазоне. Наклон электрода - такой же, как при сварке первого корневого шва. Сварку ведут «углом назад». Скорость выбирают такой, чтобы внешний вид валика был нормальным (не выпуклым и не вогнутым).

Третий валик лучше выполнять на повышенных режимах. Сварку ведут под прямым углом или «углом назад». Скорость выбирают такой, чтобы валик был выпуклым, с полочкой для удержания металла ванны последующего валика. Траектория дуги должна совпадать с краем второго валика.

Четвертый валик - горизонтальный. Его выполняют на тех же режимах, что и третий. Электрод наклоняют под углом 80-90° к вертикальной поверхности трубы. Скорость сварки поддерживают такой, чтобы расплавлялись верхняя кромка разделки, поверхность второго валика и вершина третьего валика. Внешний вид четвертого валика должен быть нормальным.

«Замковые» соединения сваривают с плавным увеличением размера шва в начале и уменьшением на конечном участке, «набегающим» на начало шва на 20-30 мм.

Многопроходную сварку труб рекомендуется вести по спирали. Тогда получается меньше «замковых» соединений.

Сварку лицевого слоя надо выполнять электродами того же диаметра, какие использовались при заполнении разделки, но не более 4 мм. Последний верхний валик укладывают на более высокой скорости, чтобы он оказался узким и плоским.

ТЕХНОЛОГИЯ РУЧНОЙ АРГОНОДУГОВОЙ СВАРКИ ТРУБ

Технологические варианты

- сварной шов полностью выполняется ручной аргонодуговой сваркой неплавящимся электродом (рекомендуется при толщине стенки до 3 мм);
- сварной шов выполняется комбинированным способом: корневой шов - ручной аргонодуговой сваркой неплавящимся электродом, а последующие слои - ручной дуговой сваркой покрытым электродом (целесообразен при толщине стенки трубы 4 мм и более).

Ориентировочное расположение слоев и валиков (1 - 8) в стыках, сваренных по различным технологическим вариантам

Вариант	Толщина стенки* свариваемых труб, мм		
	До 4	Свыше 4 до 7	Свыше 7 до 10
	ВЕРТИКАЛЬНЫЙ СТЫК		
Комбинированная			
Аргонодуговая			
	ГОРИЗОНТАЛЬНЫЙ СТЫК		
Комбинированная			
Аргонодуговая			

* При толщине стенки до 2 мм сечение стыка следует сваривать в один слой

Ручная аргонодуговая сварка неплавящимся W-электродом применяется для неповоротных стыков труб из низкоуглеродистых, низколегированных и легированных (коррозионностойких) сталей. Диаметр свариваемых труб - менее 100 мм, толщина стенки - до 10 мм.

Выбор параметров режима

- ***Сварочный ток*** выбирают: при однопроходной сварке - в зависимости от толщины стенки трубы, а при многопроходной - исходя из высоты валика, которая должна составлять 2 - 2,5 мм. Сварочный ток назначают из расчета 30 - 35 А на 1 мм диаметра электрода.
- ***Напряжение на дуге*** должно быть минимальным, что соответствует сварке короткой дугой.
- ***Скорость сварки*** регулируют так, чтобы гарантировались проплавление кромок и формирование требуемых размеров шва.
- ***Расход защитного газа*** зависит от марки свариваемой стали и токового режима (от 8 до 14 л/мин).
- ***Присадочная проволока*** диаметром 1,6 - 2 мм выбирается по марке свариваемой стали (см. таблицу на с.16).

Ориентировочные режимы

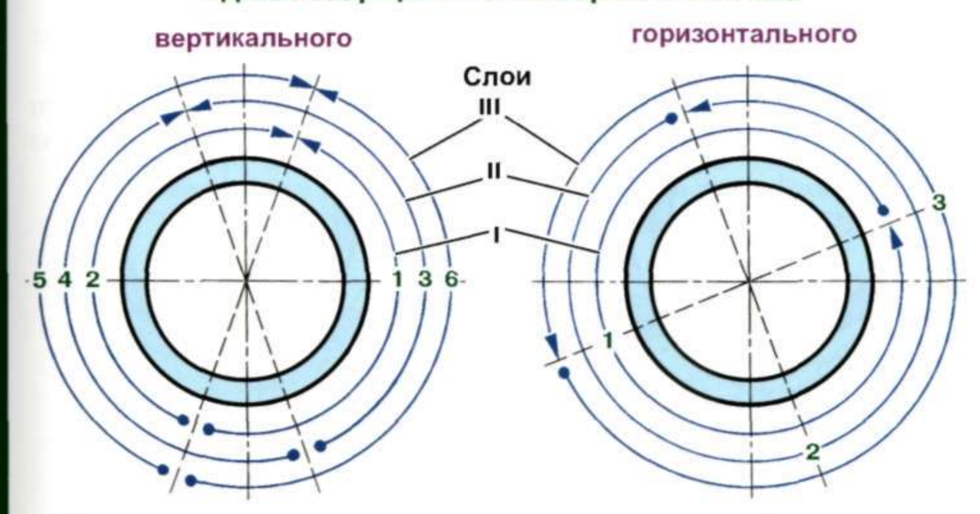
Шов	Диаметр W-электрода, мм	Диаметр присадка, мм	Сварочный ток, А	Напряжение на дуге, В	Расход газа, л/мин
Корневой	2 - 3	1,6 - 2	70 - 110	12 - 16	6 - 8
Заполнения	3 - 4	2 - 2,5	80 - 130	14 - 18	8 - 12

Минимальные режимы по току в зависимости от марки W-электрода

Диаметр W-электрода, мм	Постоянный ток (А) полярности						Переменный ток, А		
	Прямой			Обратной					
	ЭВЛ	ЭВИ	ЭВТ	ЭВЛ	ЭВЧ	ЭВТ	ЭВЧ	ЭВЛ	ЭВИ
2	80	180	120	20	25	25	-	-	-
3	230	380	300	35	50	30	-	-	180
4	500	620	590	60	70	60	180	170	220
5	720	920	810	-	-	70	-	210	270
6	900	1500	1000	100	120	110	250	250	340

Сварку начинают сразу же после установки прихваток, которые при выполнении первого слоя нужно переплавить. В труднодоступных местах первый корневой шов можно выполнять без присадочной проволоки, если зазор и смещение кромок не превышают 0,5 мм, а притупление кромок не более 1 мм. Исключение составляют стыки труб из сталей 10 и 20, которые **всегда** нужно сваривать с присадком.

Очередность наложения слоев при сварке одним сварщиком неповоротного стыка



Зажигать и гасить дугу следует на кромке трубы или на уже наложенном шве на расстоянии 20-25 мм от конца шва. Подачу аргона прекращают спустя 5-8 с после обрыва дуги.

Сварку трубопроводов из высоколегированных, особенно коррозионностойких, сталей выполняют с защитой корня шва либо подачей аргона внутрь трубы, либо применяя флюс-пасту ФП8-2.

При сварке высоколегированных сталей нужно соблюдать ряд условий:

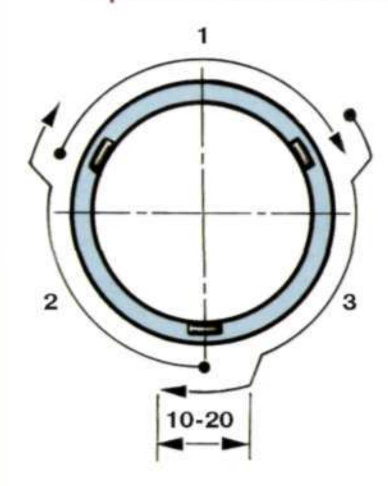
- минимальные токовые режимы;
- короткая сварочная дуга;
- максимальная скорость сварки без перерывов и повторного нагрева одного и того же участка металла;
- избегать поперечных колебаний горелки;
- присадочную проволоку следует подавать равномерно, чтобы не создавать брызг расплавленного металла, которые, попав на основной металл, могут вызвать впоследствии очаги коррозии

На толстостенных (более 10 мм) трубопроводах диаметром более 100 мм из низкоуглеродистых и низколегированных сталей корневой шов сваривают аргонодуговым способом без остающихся подкладных колец.

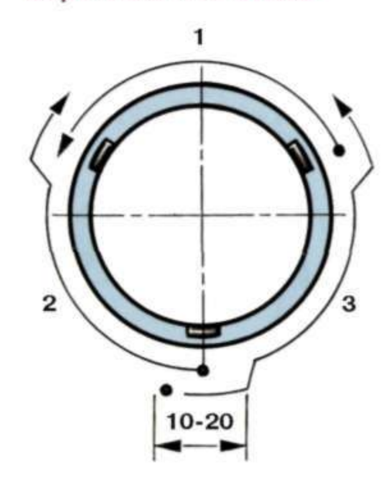
Сварку следует вести обратноступенчатым способом участками длиной не более 200 мм. Высота корневого шва должна быть не менее 3 мм. При этом необходимо обеспечить плавные переходы к поверхности трубы.

Направление и очередность укладки корневого слоя

горизонтального стыка



вертикального стыка



Аргонодуговую сварку используют также, когда приваривают подкладное кольцо в трубах из углеродистых и низколегированных сталей. Кольцо плотно, но без натяга, устанавливают в трубу, оставляя зазор между кольцом и внутренней поверхностью трубы не более 1 мм. Кольцо прихватывают снаружи угловым швом длиной 15-20 мм с катетом 2,5-3 мм к трубам диаметром до 200 мм в двух местах, а большего диаметра - в трех-четырех местах.

Прихватку, независимо от марки стали трубы и подкладного кольца, выполняют с присадочной проволокой Св-08Г2С диаметром 1,6-2 мм. Подкладное кольцо приваривают однослойным угловым швом с катетом 3-4 мм с тем же присадком.

Прихватку и приварку подкладного кольца делают без предварительного подогрева независимо от марки стали и толщины стенки трубы. Исключение составляют трубы из стали 15Х1М1Ф с толщиной стенки более 10 мм - конец такой трубы подогревают до 250 - 300 °С.

ТЕХНИКА РУЧНОЙ АРГОНОДУГОВОЙ СВАРКИ ТРУБ W-ЭЛЕКТРОДОМ

Расположение горелки и присадочной проволоки по отношению к стыку зависит от качества защиты и конструкции горелки. Для горелок АГМ-2 и АГС-3 угол может изменяться от 0 до 70°, а для остальных горелок с канальной схемой истечения газа - от 0 до 25°.

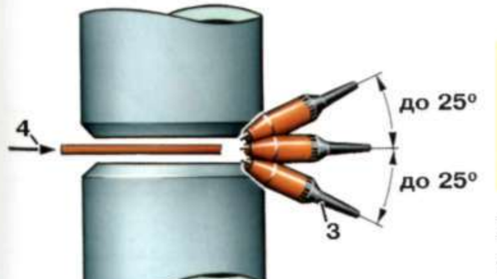
Движение горелки - «углом вперед» (справа налево). Присадочная проволока подается в сварочную ванну навстречу движению.

Корневой слой сваривают без поперечных колебаний как электрода, так и присадочной проволоки.

В начале сварки горелкой подогревают кромки и присадочный пруток. После образования сварочной ванночки приступают к сварке, сообщая горелке поступательное движение.

Взаимное расположение горелки и присадочной проволоки при сварке неповоротных стыков труб

вертикального

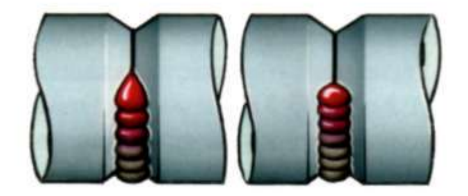


1 - присадочная проволока
2 - направление сварки
3 - сварочная горелка
4 - направление подачи присадка

Конец присадка должен постоянно находиться в зоне защиты аргоном

В процессе выполнения корневого шва нужно следить за проплавлением кромок, исключать непровар. О хорошем проплавлении свидетельствует ванна, вытянутая в сторону направления сварки, а о недостаточном - круглая или овальная.

Проплавление

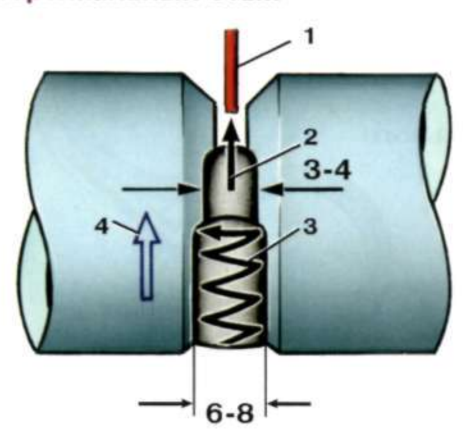


хорошее недостаточное

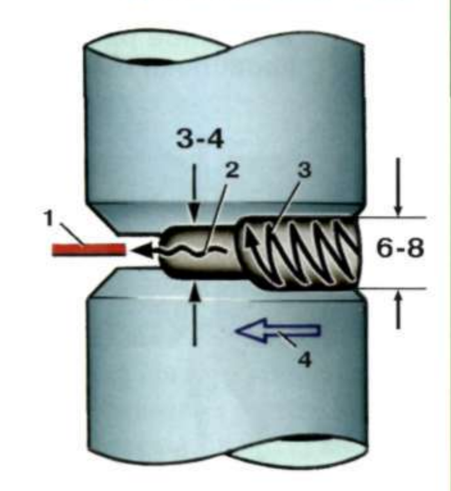
При выполнении последующих слоев горелке придают поперечные колебательные движения.

Схемы манипулирования горелкой

вертикальный стык



горизонтальный стык



1 - присадочная проволока
2 - траектория движения электрода при выполнении корневого шва
3 - то же последующих слоев
4 - направление сварки

После окончания сварки нужно заварить кратер. Если нет дистанционно управляемого источника питания, то кратер заваривают вводом в него капли присадка, одновременно плавно отводя горелку до естественного обрыва дуги.

ТЕХНОЛОГИЯ РУЧНОЙ ГАЗОВОЙ (АЦЕТИЛЕНОКИСЛОРОДНОЙ) СВАРКИ ТРУБ

Используют для сварки неповоротных стыков труб из углеродистых и низколегированных сталей диаметром не более 150 мм при толщине стенки не свыше 8 мм. Газовая сварка труб из сталей 12Х2М1, 12Х2МФСР и 12Х2МФБ **не разрешается**.

Для трубопроводов, на которые распространяются Правила Госгортехнадзора, газовая сварка допускается лишь **в исключительных случаях.** При этом отбор ацетилена для сварочного поста допускается только из баллонов. Применять ацетилен из газогенератора разрешается только после тщательной проверки качества газа на пробных стыках.

Выбор параметров режима

- ***Вид пламени.*** Пламя горелки должно быть нормальным при соотношении кислорода и ацетилена в газовой смеси 1−1,2. При сварке стыков труб из легированных сталей нужно внимательно следить за состоянием пламени, не допускать избытка ацетилена.
- ***Мощность пламени*** для низкоуглеродистых и низколегированных сталей выбирается из расчета 100 -130 дм³/ч на 1 мм толщины стенки трубы при левом способе и 130 -150 дм³/ч при правом способе сварки. Мощность пламени регулируют наконечниками горелки, которые выбирают в зависимости от толщины свариваемой трубы.
- ***Присадочная проволока*** выбирается в зависимости от марки стали свариваемых труб (см. с.16). Диаметр проволоки определяется толщиной стенки трубы и способом сварки.

Ориентировочные режимы

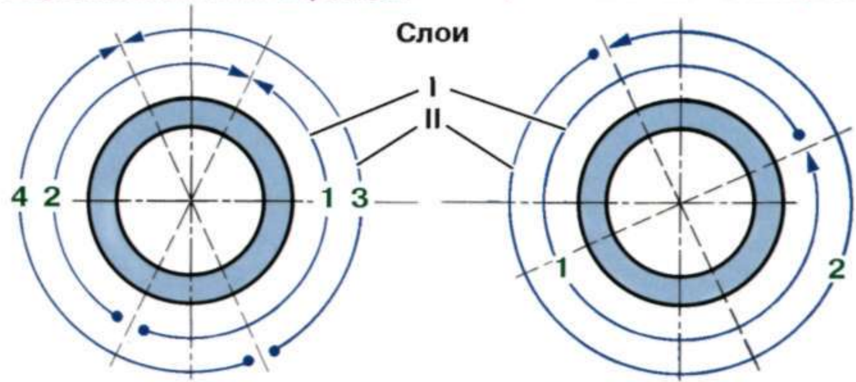
Толщина стенки, мм	Номер наконечника	Диаметр присадка, мм, при способе		Расход ацетилена, дм³/ч, при способе	
		левом	правом	левом	правом
До 3	1; 2	2	1,5	300 - 390	390 - 450
3 - 4	3	3	2	400 - 520	520 - 600
5 - 6	4	3,5	3	600 - 780	650 - 750
7 - 8	4; 5	3,5	3	700 - 910	910 - 1050

Сварку ведут участками длиной 10-15 мм. Сначала сплавляют кромки (без присадка), а затем накладывают первый - корневой - слой. После этого перемещаются на следующий участок.

При толщине стенки трубы до 4 мм сварка ведется в один слой, а при большей толщине - в два слоя. Второй слой выполняют после корневого шва, наложенного по всему периметру стыка.

Перед сваркой и прихваткой стык прогревают горелкой для выравнивания температуры металла. Прогрев стыка необходим и после вынужденных перерывов в работе.

При сварке первого слоя нужно тщательно переплавить все прихватки. После постановки прихватки в одной точке сварку сразу же начинают с диаметрально противоположного участка.

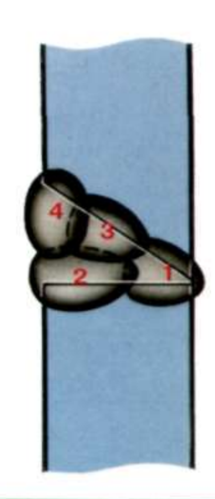


Вертикальные неповоротные стыки сваривают снизу вверх.

Горизонтальные стыки сваривают с соблюдением правила смещения «замков».

Во время сварки одного стыка нельзя допускать перерывов в работе до заполнения всей разделки. При вынужденных перерывах и по окончании сварки пламя горелки отводят от расплавленного металла медленно, постепенно, иначе в металле шва могут возникнуть усадочные раковины и поры.

При сварке стыков из низколегированной стали нельзя допускать сквозняков внутри труб. Их концы закрывают заглушками.

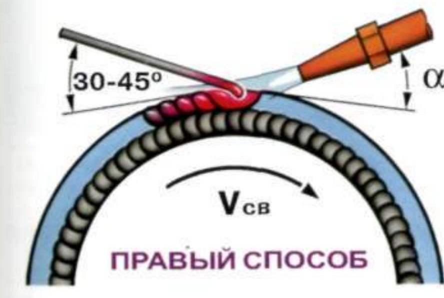


ТЕХНИКА РУЧНОЙ ГАЗОВОЙ СВАРКИ АЦЕТИЛЕНОКИСЛОРОДНЫМ ПЛАМЕНЕМ

Сварку ведут восстановительной зоной пламени на расстоянии 2-4 мм от ядра. Угол наклона горелки к поверхности стыка определяется толщиной свариваемого металла:

Толщина металла, мм	**До 1**	**1 - 3**	**3 - 5**	**5 - 8**
Угол наклона, α, град.	**10**	**20**	**30**	**40**

Сварка стыков труб диаметром 14 - 48 мм с толщиной стенки до 3 мм ведется **левым способом**.



Стыки труб диаметром 57 - 150 мм с большей толщиной стенки сваривают **правым способом**, в два слоя.

Конец присадочной проволоки должен постоянно находиться в расплавленном металле сварочной ванны во избежание окисления.

Для лучшего формирования шва следует совершать круговые движения горелкой с небольшой задержкой на кромках. Сварочную ванну перемешивают присадочной проволокой.

При сварке труб из хромомолибденовых и хромомолибденованадиевых сталей надо поддерживать минимальный объем сварочной ванны в состоянии наименьшей жидкотекучести. Это уменьшает выгорание легирующих элементов.

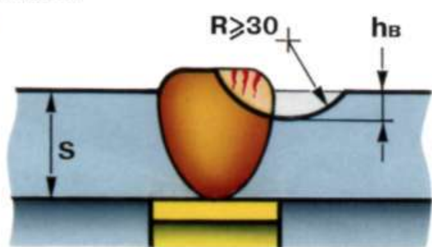
По окончании сварки нужно перекрыть начальный участок шва на 5 - 6 мм, постоянно уменьшая размеры сварочной ванны и выводя ее на верхнюю часть шва.

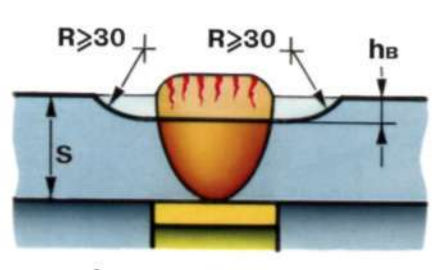
РЕМОНТ ТРУБОПРОВОДОВ

Повреждения трубопроводов пара и горячей воды происходят как в сварных соединениях, так и в наружных поверхностях трубных элементов. Ремонту подлежат сварные соединения паропроводных труб равной толщины. Его выполняют тремя способами.

1. Удаление поврежденного участка без подварки места выборки возможно при следующих условиях:

- повреждение развивалось снаружи сварного соединения;
- толщина ремонтируемого участка соединения в зоне выборки равна или больше минимально допустимой толщины трубного элемента;
- на поверхности выборки отсутствуют макродефекты, не допустимые по РД 153-34.1-003-01.





hв - глубина выборки

Поверхностный металл удаляют только механическим способом (вышлифовкой). Края выборки следует сглаживать с радиусом скругления не менее 30 мм.

2. Подварка места выборки с термической обработкой возможна при условиях:

- трещины развивались с наружной поверхности сварного соединения;
- протяженность местной выборки составляет не более 1/3 периметра трубы, а глубина - не более 50% расчетной толщины стенки трубы;
- кольцевая выборка по всему периметру стыка имеет глубину до 25% расчетной толщины стенки трубы;
- поверхность металла выборки соответствует требованиям РД 153-34.1-003-01 по макродефектам и микроповреждениям.

Поврежденный металл удаляют механическим способом (вышлифовкой). Заполняют выборку многослойной наплавкой кольцевыми валиками.

Термообработку после подварки ведут по режиму высокого отпуска 720-750 °С с выдержкой 1-5 ч (РД 153-34.1-003-01).

Для сварных соединений трубопроводов с температурой эксплуатации ниже 510 °С удалению подлежит только поврежденный металл, а участок подварки может ограничиваться одной-двумя зонами соединения, например, металлом шва или участком шва с одной из прилегающих зон термического влияния (ЗТВ).

3. Переварке подлежат сварные соединения с трещинами, которые развивались с внутренней поверхности. Переварку выполняют в следующей последовательности: вырезают патрубок - устанавливают новый патрубок - выполняют сварку - термическую обработку.

Устранение дефектов

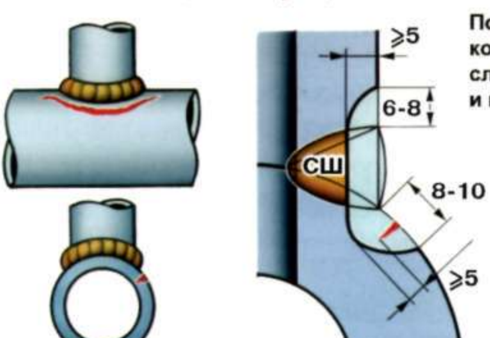
Для паропроводов, эксплуатируемых при температуре ниже 510 °С

Дефект	Форма выборки	Рекомендации *
Несквозные трещины в металле шва	Выборка вышлифовкой с плавными радиусами переходов	Выборку заваривают многослойным швом
Несквозная трещина в зоне термического влияния	Выборка - по шву и основному металлу	Заварка выборки с плавным переходом к металлу старого шва и основному металлу
Сквозная трещина в зоне термического влияния	Глубина выборки на 2-3 мм меньше толщины стенки	Подварочный шов многослойный, с тщательной зачисткой поверхности предыдущего слоя

* Обозначения: **СШ** - старый шов, **ПШ** - **подварочный** шов.

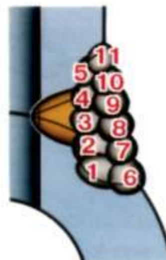
Для сварных тройников паропроводов, эксплуатируемых при температуре ниже 510 °С

Кольцевая трещина в зоне термического влияния

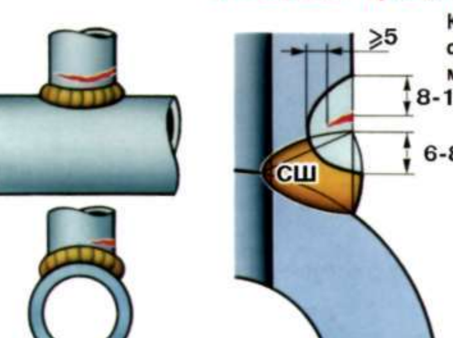


≥5
6-8
СШ
8-10
≥5

Поврежденный металл удаляют шлифовкой абразивным инструментом. Многослойная сварка валиками толщиной 5 - 8 мм и шириной 12 - 20 мм



Кольцевая трещина на штуцере



≥5
8-10
6-8
СШ

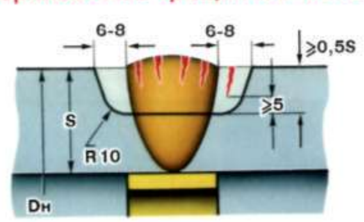
Края выборки допускается оставлять на старом шве. Подварка - электродом диаметром 3 - 4 мм

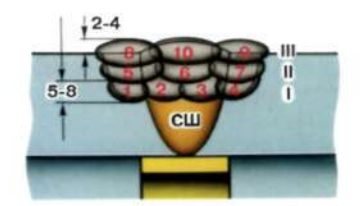
Поперечные трещины в металле шва

Ширина выборки может быть ограничена размерами поврежденного металла

Ремонт стыковых соединений паропроводов, эксплуатируемых при температуре 510-560 °С

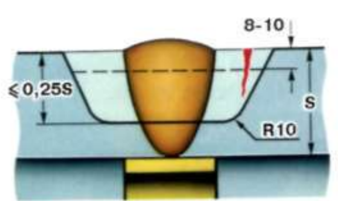
Поверхностные трещины в металле шва и в зоне термического влияния





Поврежденный металл удаляют не менее чем на 5 мм глубже вершины самой удаленной трещины. Выборку заполняют кольцевыми валиками толщиной 5-8 мм и шириной 10-20 мм (при любом $S/D_н$).

Поверхностная трещина глубиной более четверти толщины металла



Выборку делают на глубину более 1/4 толщины стенки и дополнительно вышлифовывают кольцевое углубление глубиной 8-10 мм по периметру шириной, равной ширине выборки.

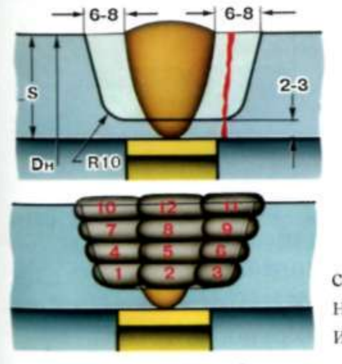
Заплавление - в два этапа:

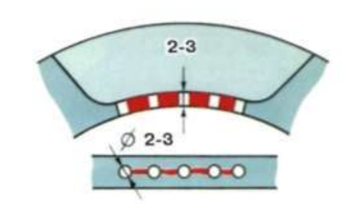
8-10
R≥30

Вначале заплавляют выборку

Затем - кольцевая наплавка по всему периметру

Сквозная трещина в зоне термического влияния



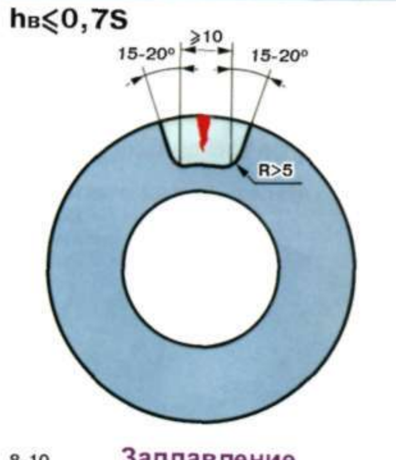


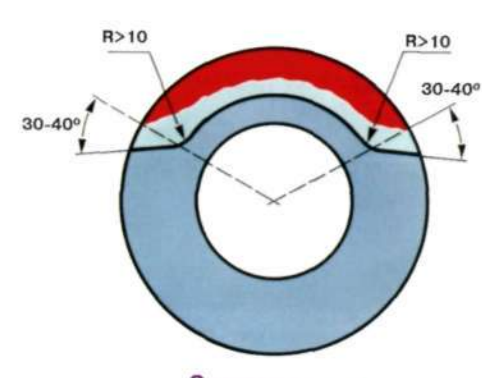
Перед сваркой в трещине по концам и длине просверливают отверстия диаметром 2-3 мм для устранения ее развития, проверки глубины дефекта и лучшей переплавки поврежденного металла.

Ремонт участков паропроводных труб

Продольная трещина — Форма выборки

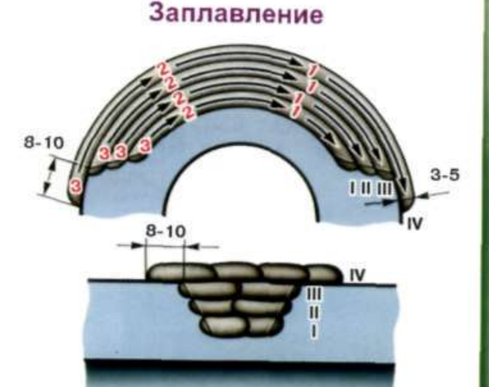
Поперечная (кольцевая) трещина — Форма выборки





Заплавление

Заплавление



Валиками толщиной 6 - 10 мм, шириной 20 - 30 мм, длиной 100 - 150 мм обратноступенчатым способом. Заплавленная выборка должна иметь выпуклость 3 - 5 мм с шириной перекрытия 8 - 10 мм по всему контуру в сторону основного металла наружной поверхности трубы.

СОДЕРЖАНИЕ